# Mechani

und

# ihre gesammte Th

Von

Joseph Weber,

Professor der Physik an der Universität zu D

Zum Gebrauche seiner Vorlesungen




Mit drei K

Lan

bei Anton

# Naturlehre.

## Mathematischer Theil.

### Erste Abhandlung.

Die
Mechanik und ihre gesammten Theile.

Von
Joseph Weber,
Professor der Physik an der Universität zu
Dilingen.



Land
bei Anton

[redacted]

Dem

# Durchleuchtigsten Fürsten

und

Herrn Herrn

# Carl Anselm,

des

heil. röm. Reichs Fürsten

von

# Thurn und Taxis,

Grafen zu Valsassina,

Freiherrn zu Impten, Herrn der gefürsteten Grafschaft Scheer, Friedberg, Dürmetingen ꝛc. dann der freien Reichsherrschaften, Eglingen, Tischingen, Demingen, Trugenhofen ꝛc. Wolfertheim, Rossumm und Meißegen ꝛc. der souvrainen Provinz Henegau Erb-Marschall, k. k. höchst ansehnlichen Principal Commissar beim Reichstage zu Regensburg, Ritter des goldenen Vließ, k. k. wirklichen geheimen Rathe wie auch Erb-General-Oberst-Postmeister im heil. röm. Reiche Burgund und den Niederlanden ꝛc. ꝛc.

Meinem

gnädigsten Fürsten und Herrn.

# Durchleuchtigster Fürst,
## gnädigster Fürst
## und
## Herr Herr!

Eure Hochfürstliche Durchleucht haben seit mehrern Jahren, und besonders seitdem ich Pfarrer in Ihrem fürstlichen Gebiete bin, so viele und große Gnaden gegen mich geäußert, daß ich darüber gerührt längstens wünschte, meine herzlichste Dankbarkeit einem wohlwollendsten Fürsten und
gnädigsten Lande

Die ausgezeichnete The
dem Fortgange und der
aller nützlichen und insbesonde
kalischen Kenntnisse, welche E
fürstliche Durchleucht bei
legenheit sowohl durch mün
ßerungen als großmüthigst
zungen zeigen, nährte mei
von jeher.

Nun unterstehe ich mic
gegenwärtige Schrift dem h
men Eurer Hochfürstliche
leucht unterthänigst zu we
dem ich Kund eingezogen, d
dieselbe diese Dedication gn
nehmen geruhen.

Möchte nun diese unterthänigste Wiedmung Eurer Hochfürstlichen Durchleucht sein — ein öffentliches Denkmal meiner herzlichsten Anhänglichkeit, und ungeheuchelter Ehrfurcht gegen Höchstdieselbe! Enthält dieses Buch schon nichts sonderlich Neues; so hoffe ich doch mit einiger Zuversicht, daß meine Darstellung, eine für Anfänger sehr dunkle Gegend der Naturlehre beleuchten, und auf solche Weise denen, für die es bestimmt ist, nützlich werden dürfe. Und schon dieß kann dem gnädigsten Patronen und Förderer der Künste und Wissenschaften nicht ganz gleichgültig sein.

Ue-

Uebrigens empfehle ich
meine Pfarrgemeine, Ihre
terthanen, der höchsten Gn
Hochfürstlichen Durchleu
ersterbe in tiefester Ehrfurch
gebenheit

Eurer Durchleu

gnädigster Fürst und Her

unterthä
gehorsamste
Joseph

# Vorrede.

Es haben schon längst Männer von Einsichten den Wunsch geäußert, daß die eigentliche Physik vom Mathematischen gesondert, und jede Wissenschaft innerhalb ihren Grenzen besonders abgehandelt werden möchte.

Diese Absonderung fodert auch wirklich die Natur heterogener Wissenschaften; und der Nutzen, den aus einer solchen Scheidung Anfänger ziehen, machet sie nothwendig.

Ich

Ich versuche diese Tren
lieber, weil daraus der ei
sachreiche Gehalt der Physik
tet, und dieselbe dieser ihren W
Brauchbarkeit auffallender
und weil auch der mathemati
Naturlehre, abgesondert und d
recht anbequemt, auf diese die
kung thut, ihnen die Nützlich
thematik in ihrer Anwendung
mit dieser nicht allerdings beli
schaft aussöhnt.

Der Zweck meiner Müh
breitung natürlicher Kenntnisse
wie bisher, kein anderer, als
das Studium der Natur zu
durch stäte Fingerzeige auf ihre
keit wichtig zu machen, und d

schädlichen Unkunde natürlicher Dinge einigermassen zu steuern.

Anfänger in der Naturwissenschaft, und insbesondere meine Zuhörer sind daher mein Publicum; diesen möchte ich Aussichten in die gesammte Naturlehre öffnen, und es durch deutlichen gründlichen und vollständigen Unterricht zum weitern Fortschreiten in derselben vorbereiten. Deßhalb bemühte ich mich, in sieben Abhandlungen, wovon die letzte „von der Erde und dem Wasser bis Michaelis (Landshut) erscheinen wird, alles Lehrreiche der eigentlichen Physik unter den Gesichtskreis der Anfänger zu bringen; und zu diesem Ende beginne ich itzt mit dem Mathematischen. Ich suche daher auch in diesem Theile der Physik, den ich mit der Optik und der Astronomie vollenden wer-

de,

de, überall die leichtesten Bewe
meide höhere Mathematik sorgfä
es nöthig aus dieser einen Lehrsa
so nehme ich ihn als Lemma auf;
vor, und mache Experimente um
lichen, was abstract, und zu bele
dunkel bleiben könnte.

Dilingen den 4ten Juli 179

Pr

# Inhalt.



Ge-

Gu





Er-

Spri-





VII.

Sinn=

## Sinnstörende Druckfehler.

Seite 15. Zeile 13. levire, statt, elevire.
Seite 26. Zeile 6. vertical, statt, verticale.
Seite 31. Zeile 19. die, statt, diese.
Seite 64. Zeile 11. duls, statt, Penduls.
Seite 86. Zeile 2. indem, statt, in dem.
Seite 99. Zeile 14. Kräfte, statt, Fläche.
Seite 149. Zeile 8. Elbenbein, statt, Elfenbein.
Seite 153. Zeile 12. Q, statt, G.
Seite 153. Zeile 14. d Q, statt, d G.
Seite 153. Zeile 19. d Q, statt, d G.
Seite 153. Zeile 20. d Q, statt, d G.



# Mechanik.

## Einleitung.

1.

Mechanik ist, im weitern Sinne genommen, die Wissenschaft von der Bewegung und den Kräften, die sie erzeugen.

2.

Die Kräfte können im Zustande des Gleichgewichtes oder der wirklichen Bewegung betrachtet werden; und dieß sowohl bei flüssigen als den festen Körpern. Die Haupttheile der Mechanik sind daher

A. die Lehre vom Gleichgewichte und der Bewegung fester Körper,

B. die Lehre vom Gleichgewichte und der Bewegung flüssiger Körper.

3.

Die flüssigen Körper sind, wie wir in der allgemeinen Naturwissenschaft (a) lehrten, tropfbar oder nicht tropfbar, elastisch. Die Lehre vom Gleichgewichte und der Bewegung der Flüssigen erhält demnach eine Unterabtheilung in die Lehre vom Gleichgewichte und der Bewegung der tropfbaren und der elastischen Füssigen.

4.

Um daher die Mechanik im weiten Sinne vollständig vorzutragen, werde ich das Lehrreichste davon unter folgende Rubriken bringen:

I. Von den Bewegungsgesetzen überhaupt.

II. Vom Gleichgewichte fester Körper, Geostatik.

III. Von der Bewegung fester Körper, Mechanik im engern Sinne.

IV. Von dem Gleichgewichte tropfbarer Flüssigen, Hydrostatik.

V.

(a) Empirischer Theil Landshut 1793.

V. Von der Bewegung tropfbarer Flüssigen, Hydraulik.

VI. Von dem Gleichgewichte elastischer Flüssigen, Aerostatik.

VII. Von der Bewegung elastischer Flüssigen, Pneumatik.



## I.

## Von den

# Bewegungsgesetzen überhaupt.

### 5.

### Verschiedene Bewegungsarten.

Die Bewegung wird aus mancherlei Gesichtspuncten betrachtet, und erhält deßwegen verschiedene Namen: — So ist die Bewegung in Hinsicht,

1. Auf die Lage, wirklich, scheinbar; gemeinschaftlich, eigen, fortschreitend, drehend.

2. Auf die Kräfte, einfach, zusammengesezt.

3. Auf die Richtung, geradlinigt, krummlinigt, die krummlinigte Bewegung ist in sich zurückkehrend oder nicht; die in sich zurückkehrende nimmt entweder ihren Weg in der nemlichen Richtung ist circulirende Kreis-Bewegung, oder geht in entgegengesetzter Richtung, ist schwankend oscillirend, die krummlinigte, welche nicht in sich zurückkehrt heißt reciprocirende, zitternde Bewegung.

4. Auf die Geschwindigkeit, gleichförmig, verändert; diese beschleunigt, oder abnehmend, gleichförmig beschleunigt, oder gleichförmig abnehmend 2c.

6.

Gemeinschaftliche Bewegung (Motus communis, primus) ist die Bewegung, welche ein Körper als Theil eines Ganzen betrachtet mit andern, die das Ganze ausmachen, gemein hat; — so haben alle Personen auf einem sanft hinrinnenden Kahne eine gemeinschaftliche Bewegung. — (Motus proprius — motus secundus) die eigene ist das Gegentheil von der gemeinschaftlichen.

Schein-

**Scheinbare Bewegung** (adparens) ist die Bewegung, wie sie dem Auge aus einem gewissen Gesichtspuncte vorkommt. — So können uns Dinge bewegt scheinen, welche stillstehen, zurückzugehen scheinen, wenn sie vorwärts gehen u. s. w. (Reiner Theil. 44.): dieses geschieht allemal, wenn wir die wahre Entfernung der Gegenstände voneinander nicht richtig schätzen, oder unsere eigene Bewegung nicht mit in das Urtheil über die Erscheinung bringen. — So scheint es uns, daß sich das Gestad bewege, wenn wir auf einem Schiffe unsrer eigenen Bewegung vergessen. u. s. w. Die **wahre** Bewegung (verus motus) ist der scheinbaren entgegengesetzt.

7.

**Einfache Bewegung** (Motus simplex) ist, welche von einer einzigen Kraft hervorgebracht wird: z. B. der Fall der Körper durch die Schwere.

**Zusammengesetzte Bewegungen** sind jene, die aus mehrern einfachen entstehen. Man kann alle zusammengesetzte Bewegungen auf zwei re-

reduciren (N. Th. 41.): bei diesen aber sind drei Fälle möglich (N. Th. 42.):

1. Es vereinen sich zwei Bewegungen in derselben Linie z. B. mehrere Pferde ziehen den Wagen nach der nemlichen Richtung.

2. Es verbinden sich zwei Bewegungen in entgegengesetzter Richtung z. B. beim Emporsteigen eines senkrecht in die Höhe geworfenen Steines, dem die Schwere geradlinigt entgegenwirkt.

3. Es vereinen sich zwei Bewegungen in verschiedenen Linien, deren Richtungen einen Winkel gestalten z. B. in der Bewegung eines Kirschkerns, der zwischen zwei Fingern gedrückt und fortgestossen worden ꝛc.

8.

**Krummlinigte Bewegung** (Motus curvilineus) gehört immer zu den zusammengesetzten Bewegungen, und ist jene, wobei der zurückgelegte Weg eine krumme Linie ist. **Einfache** Bewegungen sind immer **geradlinigt**, d. i. weichen von ihrer Richtung nie ab. Beispiele,

ei-

einer Kreisbewegung an einer Schleuder, die man um die Hand drehet — einer oscillirenden an dem Pendul einer Uhr — einer zitternden an einer angeschlagenen Glocke 2c.

9.

Gleichförmige Bewegung (Vniformis, aequabilis motus) kommt jenem Körper zu, dessen Geschwindigkeit immer gleich bleibt — oder der in gleichen Zeiten immer gleiche Räume zurücklegt. — So muß der Zeiger einer guten Uhr jede Stunde, jede Minute 2c. gleich weit gehen — gleich geschwind sich bewegen, d. i. muß seine Bewegung gleichförmig machen. — Veränderte, ungleichförmige Bewegung (Motus variatus) — inaequabilis) ist die Bewegung eines Körpers, dessen Geschwindigkeit nicht immer gleich ist — heißt dann

beschleunigte, wachsend (acceleratus) oder vermindert, abnehmend (retardatus);

wenn

wenn die Geschwindigkeit von Zeit zu Zeit grösser, oder geringer wird. — Beispiel an einem Schiffe, das in einem Fluß von allerlei Krümmungen, schwimmt — bald von mehrern, bald von wenigern Rudern getrieben wird.

Gleichförmig beschleunigte Bewegung (Motus vniformiter, aequabiliter acceleratus) ist die Bewegung jenes Körpers, dessen Geschwindigkeit in gleichen Zeiten gleichstark zunimmt. (Empir. Theil. 113. 6.) Beispiel im Falle eines Steines; sie entsteht, wenn eine unveränderte Kraft in dem schon bewegten Körper zu wirken fortfährt, und ihm in gleichen Zeiten immer gleiche Zusätze der Geschwindigkeit giebt, alswie die Schwere der Körper. — Nimmt die Geschwindigkeit der Körper zu, doch nicht in gleichen Zeiten, mit gleicher Stärke, so ist die Bewegung ungleichförmig beschleunigt; ungleichförmig beschleunigt fällt der Körper, wenn die Höhe, von der er fällt, zum Halbmesser der Erde ein merkliches Verhältniß hat.

Gleichförmig verminderte Bewegung (Vniformiter — aequabiliter retardatus) ist jene Bewegung des Körpers, dessen Geschwindig-

dig-

digkeit in gleichen Zeiten, gleich abnimmt, Beispiel an einem in die Höhe geworfenen Körper. — Im Gegentheile ungleichförmig abnehmend...

---

# Gesetze verschiedener Bewegungsarten.

## 10.

### Gesetze der gleichförmigen Bewegung.

1. Bewegen sich zwei Körper A und B gleichförmig, und gleichlange Zeit; A durchläuft aber einen dreimal grössern Raum, als B, so wird die Bewegung von A dreimal geschwinder genennt, als die Bewegung von B.

2. Setzen wir, daß die beiden A und B einen gleich grossen Raum, mit gleichförmiger Bewegung zurücklegen; B aber brauche dreimal mehr Zeit dazu als A; so wird dann die Begung von A wieder dreimal geschwinder heißen als jene von B.

I. Es ist also in der gleichförmigen Bewegung, wenn die Geschwindigkeit C, der Raum S, und die Zeit T heißen $C = \frac{S}{T}$; und in Vergleich zweier $C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$ woraus

II. Diese 2 Proportionen $S : s = Ct : ct$, und $T : t = \frac{S}{C} : \frac{s}{c}$.

* Der Raum, den der Körper mit gleichförmiger Bewegung durchläuft, wird schicklich durch ein Parallellogram ausgedrückt (Fig. 13. Taf. I.) dessen Höhe AB die Zeit; die Grundlinie BC die Geschwindigkeit ausdrückt; denn durch dieses Bild kann in uns der Gedanke richtig entstehen, daß in gleichen Zeiten immer gleiche Räume durchgelaufen werden, — daß die Räume seien, wie das Product aus Geschwindigkeit in die Zeit u. s. w.

II.

## Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung.

Bei dieser Bewegung erhält die Geschwindigkeit des Körpers in allen folgenden gleichen Zeiten gleiche Zuwüchse, mithin ist C = T. Den Raum S, welchen ein Körper mit dieser Bewegung macht, drückt schicklich ein **rechtwinklichtes** Dreieck ABC aus. Beweis:

Man stelle sich die Zeit während dem Fall durch einen gewissen Raum, unter der Linie A1 vor, (Fig. 13. T. I.) die am Ende dieser Zeit erlangte Geschwindigkeit sei 1a, ziehe alsdann die Linie Aa, so stellt das Dreieck A1a den während dieser Zeit durchgelaufenen Raum vor. Denn wenn wir setzen, die Linie A1 werde in unendlich viele kleine Theilchen getheilt, und durch jegliche Theilungspuncte mit 1a eine Parallele gezogen, so werden diese Geschwindigkeiten in jedem dieser kleinen Theilchen die Zeit verstellen — Nun verhält sich aber der Raum, welcher in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen beschrieben wird, wie die Geschwindigkeit (7.); (denn

(denn in so kurzen Augenblicken kann man die Geschwindigkeit als gleichförmig betrachten): mithin ist die Summe aller dieser in gleichen Momenten der Zeit A1 beschriebenen Räumchen, die Summe aller Geschwindigkeiten, oder der zunehmenden Parallellinien mit 1a, welche jene vorstellen. Die Summe aber aller dieser Linien macht den Raum des ganzen Dreiecks A1a aus: mithin ist der ganze in der Zeit A1 durchgelaufene Raum, der Raum des Dreiecks A1a. — Es stellet daher auch das Dreieck A2b den Raum vor, welcher in der Zeit A2 durchlaufen worden, und das Dreieck A3c den in der Zeit A3 durchgelaufenen u. s. w.

Nun sind die Dreiecke A1a, A2b u. s. w. einander ähnlich (Geometrie). Es stehen aber ähnliche Dreiecke in dem Verhältniß der Quadrate ihrer gleichnamigen Seiten; und so verhalten sich die Dreiecke A1a, A2b u. s. w. als wie die Quadrate A1, A2, oder 1a, 2b, ꝛc.

Woraus sich dann folgende Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung ergeben.



I. $S = T^2$, und $C^2$ mithin auch —

II. $T = \sqrt{S}$ und $C = \sqrt{S}$ — d. i. der vom Anfange durchgelaufene Raum ist in der doppelten Zeit viermal, in der dreifachen 9mal so groß u. s. w. als in der einfachen... Die durchgelaufenen Räume vom Anfange an gerechnet, folgen daher also aufeinander 1. 4. 9. 16. 25. u. s. w. Und die Zeit und die Geschwindigkeit sind wie die Wurzel des Raumes ꝛc.

* Diese Gesetze lassen sich im vorigen Bilde (Fig. 13. Tab. I.) anschaulich machen. A1a sei der Raum, den ein Körper in dem ersten Zeitchen durchläuft: A2b sei der Raum, den er in zweien dem ersten gleichen Zeitchen durchläuft: A3c der Raum drei solcher Zeitchen ꝛc. Nun aber enthält A2b vier Triangeln, welche dem A1a gleich sind: A3c enthält 9 solche Triangeln ꝛc. Es ist daher in der Zeit 2 der Raum $= 4$; in der Zeit 3 der Raum $= 9$ u. s. w. das ist $S = T^2$; und $T = \sqrt{S}$. Eben lehrt auch der Augenschein, daß die Räume einzeln betrachtet im arithmetischen Verhältniß stehen, und also aufeinander folgen 1. 3. 5. 7. 9. u. s. w. denn der im zweiten Moment durchgelaufene Raum 1ab2 enthält 3 Triangeln, welche jenem des ersten Moments A1a gleich sind; der Raum 2b3c, welcher im dritten Moment durchgeloffen worden, enthält 5 solche u.

s.

s. w. — Beispiel im Falle der Körper von geringer Höhe (Empir. Th. 113, 6.). Bringt man endlich noch die beschleunigende Kraft V mit in die Rechnung, so erhält man zur Bestimmung des Raumes, der mit gleichförmig beschleunigter Bewegung durchgelaufen wird, durch diese Formel $S = VT^2$.

** Durch $S = T^2$ läßt sich die Höhe eines Thurms, die Tiefe eines Brunnens u. d. gl. bestimmen. Man lasse zum Beispiele ein Steinlein aus der Hand fallen, und zähle von dem Augenblicke des Falles an die Secunden der Fallzeit; levire diese zum Quadrat, multiplicire dieses mit 15 Schuhe (Empir. Th. 113. 6.). Dauert der Fall z. B. 4 Secunden, so ist die Höhe des Thurmes, die Tiefe des Brunnens rc. = 4. 4 = 16. 15; = 240 Schuhe. Durch Hilfe der Beschleunigung erhält man eine grössere Quantitas Motus z. B. beim Pfahleinschlagen u. s. w.

12.

Bei einer **gleichförmig abnehmenden** Bewegung verhalten sich die Verminderungen der Geschwindigkeit wie die Zeiten, in welchen die Geschwindigkeiten abnehmen; da sich nun bei einer gleichförmig zunehmenden Bewegung die Zusätze der Geschwindigkeiten gleichfalls

ver=

verhalten, wie die Zeiten, so ist eine gleichförmig abnehmende Bewegung eine verkehrte gleichförmig zunehmende. Es gelten daher die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung auch von der gleichförmig abnehmenden nur in verkehrter Ordnung.

13.

## Gesetze der zusammengesetzten Bewegung.

Wirken zwei Kräfte nach verschiedenen Richtungen (unter einem Winkel) auf einen Körper, so muß eine Bewegung erfolgen, die mit beiden Kräften ein Verhältniß hat: nun aber macht dieß Verhältniß nur die Mittellinie (die Diagonallinie) aus, welche man erhält, wenn man aus den zwei Richtungen der Kräfte ein Pararellellogram formirt: (Fig. 10. T. I.) mithin beschreibt ein Körper durch zwei nach verschiedenen Richtungen wirkender Kräfte bewegt allemal die Diagonale eines Pararellellograms, das man mit den Richtungen der Kräfte errichtet.

* In diesem Falle sind die andern zwei Fälle, wo zwei Kräfte in der nemlichen Linie nach derselben oder in entgegengesetzter Richtung zusammengesetzt sind (3) enthalten.

** Eine Menge Erfahrungen bestätigen dieß Gesetz. . . . Ein Schiff wird durch Rudern, das auf beiden Seiten geschieht — oder durch den Strom, und dem seitwärts blasenden Winde, nach der Diagonal bewegt. — — — Das Fliegen der Vögel — das Schwimmen einiger Fische, die Bewegung der Muskeln, u. a. m. geschehen nach diesem Gesetze.

I. Die Geschwindigkeit des Körpers a, die er durch die zusammengesetzte Bewegung erhält, ist zu jener einzelen Wirkung, die z. B. b erhält, wie die Diagonallinie ad zur Seite ac, welche die Wirkung der einzelen Kraft ausdrückt.

II. Da nun die Diagonallinie ad stäts kleiner sein muß, als die Summe beider Seiten ac + ab, so ist auch die Geschwindigkeit der zusammengesetzten Bewegung stäts kleiner, als die Geschwindigkeiten zusammengenommen, welche der Körper von den einzelen Kräften nach einer und eben derselben Richtung würde erhalten haben.

III. Da ferner die Diagonallinie immer wächst, je spitziger der Winkel wird, unter dem a b und a c auf a wirken, und im umgekehrten Falle kleiner; so muß auch die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper a sich bewegt, um so viel grösser sein, als spitziger der Winkel ist, den die Richtungen der Kräfte formiren, und um so viel kleiner, als stumpfer der Winkel ist.

* Daher können einerlei Kräfte sehr verschiedene Bewegungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten verursachen — nachdem die Winkel ihrer Richtungen verschieden sind.

IV. Da es nun einerlei ist, ob sich der Körper a mit der Gewalt a d allein, oder mit a c und a b zugleich bewege, so kann man sicher jede Diagonallinie als eine solche ansehen, die aus Zusammensetzung zweier Kräfte entsteht. — Will man also das Verhältniß dieser wirkenden Kräfte beurtheilen, so muß man allererst die Bewegung nach der Diagonal in eine zusammengesetzte verwandeln, auflösen. —

* Aus dem vorhergehenden ist es auch leicht den Weg zu zeichnen, den ein Körper von mehreren Kräften getrieben nehmen muß. Man suche nur zu zwei und zwei Kräften

nach

nach und nach die Diagonallinie — die letzt gefundene giebt den Weg an. (Fig. 11. Tab. I.)

V. Endlich ist es einleuchtend, daß, wenn ungleichartige Kräfte den Körper unter einen Winkel treiben, und die Parallelograme in ihrer Breite und Länge nicht nach einerlei Verhältniß wachsen, oder abnehmen, der Körper in einer **krummen** Linie bewegt werden müsse.

## 14.

## Gesetze der Bewegung über die schiefe Ebene.

### Erklärungen.

Eine gegen der Horizontallinie sich neigende Fläche, heißt eine schiefe **Ebene** — eine **schiefliegende Fläche** (Planum inclinatum — Fig. 15. T. I.)

Die Linie AC wird die Länge = dem Radius, AB die Höhe = dem Sinus, CB die Grundlinie = dem Cosinus genennt.

Die Gewalt, womit ein Körper nach der senkrechten Richtung der Schwere wirkt, und allemal seinem Gewichte gleich ist, heißt ganze

Gewalt (Vis absoluta). Jede aber, die kleiner ist als die absolute, respective Gewalt (Vis respectiua).

15.

**Erfahrung.**

Ein Körper, der sich über eine schiefe Ebene bewegt, wird immer zum Theil getragen, unterstützt, — und zwar desto mehr — je grösser die Neigung gegen die Horinzontallinie ist: wirkt daher nicht nach seinem ganzen Gewichte.

I. Es ist also die äußere Gewalt, die zur Aufhaltung der Bewegung eines Körpers auf einer schiefen Fläche erfoderlich ist, geringer, als das Gewicht des Körpers, und zwar um so viel geringer, als näher die Grundlinie der Länge kommt z. B. in der Bewegung einer Last über die sogenannte Leiter, daß also

II. Ein Körper, der auf einer schiefen Ebene liegt, oder bewegt wird, auf die Fläche drückt mit einer Gewalt, die sich zur ganzen Schwere verhält, wie die Grundlinie zur Länge, oder

oder wie der Cosinus des Winkel C zum Radius: algebraisch P: V = C B: A C = C f: R.

III. Und die respective Gewalt, womit ein solcher Körper über die Fläche hinzufallen strebt, ist zur ganzen Schwere, wie die Höhe zur Länge, oder wie der Sinus zum Radius — algebraisch

v: V = A B: A C = S: R.

16.

Die Erfahrung lehret, daß die Bewegung der Körper über die schiefen Ebenen durch ihre Schwere gleichförmig beschleunigt werde (Empir. Theil. 113. 6.) und da gelten dann die obenangeführten Gesetze auch hier.

I. Die Zeiten, in welchen die Körper auf verschiedenen Ebenen A C, und A H von eben der Höhe A B herunterfallen, sind in dem Verhältniß der Längen zu der Höhe.

II. Die Geschwindigkeit in der Bewegung über die schiefen Ebenen, verhält sich zur senkrechten Bewegung von gleicher Zeit, wie die Höhe zur Länge.

III.

III. Der Raum, den der Körper in der Bewegung über eine schiefe Ebene macht, verhält sich zum Raume in der senkrechten gleichzeitigen Bewegung, wie die Höhe zur Länge. u. s. w.

17.

## Gesetze der Bewegung in Fällen, wo die Richtung bewegter Körper durch eine äußerliche Ursache abgeändert wird.

Der Körper bewegt sich unaufhörlich nach der nemlichen Richtung, wenn nicht eine äußerliche Ursache an der Richtung eine Aenderung machet (Gesetz der Trägheit): unter diese Richtung ändernde äußerliche Ursachen gehören vornehmlich

I. Die Mitteldinge.

II. Der Gegenstand, auf den ein bewegter Körper wirket — auffällt.

III. Der Stoß, und

IV. Die Schwere oder der Zug bewegter Körper auf ein Centrum.

Von jeder dieser Richtung ändernden Bewegung insbesondere.





18.

## Abweichung des Körpers von seiner vorigen Richtung im Mittel.

Weicht ein bewegter Körper von seiner Richtung ab, und beschreibt in seiner fortgesetzten Bewegung wieder eine gerade Linie; so heißt seine Bewegung eine gebrochene. (Motus refractus).

19.

Der Winkel, den die neue Richtungslinie mit der vorigen in Gedanken verlängerten Richtungslinie formirt, wird **Abweichungs- Refractionswinkel** genennt.

20.

Der Körper tritt entweder **senkrecht**, oder **schief** in ein neues Mittel:

Und dieses ist **dichter**, und **mehr** widerstehend, oder **dünner**, und **minder** widerstehend, oder gleich dicht, gleich widerstehend.

Daher gelten folgende Gesetze.

I.



I. Geht ein sphärischer Körper senkrecht in ein einen neuen Mittelkörper, so kann seine Geschwindigkeit vermindert, aber nicht seine Richtung geändert werden.

II. Geht aber der Körper von einem Mittel in ein neues dichteres, das seiner Bewegung mehr widersteht, schief ein, so wird seine Bewegung gebrochen, und der Körper weicht von der senkrechten Richtung merklich ab. — Beweis. Die schiefe Bewegung gleicht einer Diagonal eines Parallellograms, und die Diagonal erhält allemal eine andere Richtung, sobald in einer Kraft eine Aenderung vorgeht, die nicht auch in der andern statt findet, nun aber geht im angezeigten Falle allemal eine Aenderung in einer Kraft vor, solange der Körper noch nicht ganz in das Mittel eingetreten ist; denn in der senkrechten Richtung stößt der Körper auf das Mittel mit einer grössern Oberfläche, als in der horizontalen: folglich empfängt die senkrechte Bewegung mehr Widerstand, als die horizontale: Die Diagonal entfernt sich also von der senkrechten Richtung, und nähert sich der horizontalen d. i. — die Bewegung wird vom Perpendicul gebrochen (Fit refractio a perpendiculo).

Ein

Ein Bild zur Erläuterung (Fig. 16. T. I.): es werde eine Kugel A in das Wasser BC schief nach der Richtung ef gestossen, statt der Diagonal ef kann man setzen die Seiten eg, und ec, (10. IV.), wovon die erste die verticale, die zweite die horizontale oder parallele Kraft ausdrückt. Fängt die Kugel A an, in den neuen, mehr widerstehenden Mittelkörper zu übergehen, so wird der Widerstand nach der senkrechten Richtung gleich sein dem ganzen Bogen mon, und der Widerstand nach der horizontalen Richtung, dem halben Bogen on: weil dieß nun von allen Zirkelbögen gilt, wird der senkrechte Widerstand allezeit noch so groß sein, als der parallele, bis der halbe Körper in das neue Mittel ganz eingetreten ist; alsdenn wird der senkrechte Widerstand sich immer gleich bleiben; der horizontale aber immer wachsen, bis er dem senkrechten gleich kommt d. i. — bis der Körper ganz in dem Mittelkörper versenkt ist. — Da muß denn der Körper während des Eindringens in ein neues dichteres Mittel immer mehr von seiner Verticalkraft, als von seiner parallelen verlieren. —— Mithin die Diagonal, und folglich die Richtung des Körpers

im=

immermehr von der verticalen eg abweichen, und am Ende der Bewegung in k sein.

III. Ist der neue Mittelkörper **dünner**, und thut er dem eintretenden Körper weniger Widerstand; so wird die Bewegung abermal gebrochen. Weil aber in diesem Falle die vertical Richtung mehr Widerstand leidet, als die parallele, so geschieht das Brechen **zu dem Perpendicul**. Es sei vor dem Eintritt in das neue Medium die Verticalkraft = ei: nun wird diese wegen vermindertem verticalen Widerstand = eg: es entsteht also aus Zusammensetzung von ec + eg die Diagonallinie ef, welche den Weg des Körpers mithin die Brechung zum Perpendicul ausdrückt.

* Ist der Körper, der in ein neues Mittel übergeht, nicht sphärisch, sondern **irregularer** Figur, so muß auch diese in Rechnung kommen.

21.

## Folgesätze.

I. Das Brechen der Bewegung erfolgt nur beim Eintritte in ein neues, mehr oder minder widerstehendes Mittel, und dauert solange, bis

der

der ganze Körper eingesenkt ist; hernach geht die Bewegung in gerader Linie fort.

II. Die Abweichung von der vorigen Richtung — oder der Abweichungswinkel fek muß um so grösser sein, als kleiner der Auffallswinkel ist; denn in diesem Falle wehret die Ungleichheit des Widerstandes länger.

III. Je grösser die Ungleichheit der Mitteldinge, in welche der Uebergang geschieht, desto grösser ist auch die Abweichung.

IV. Ist die Verschiedenheit stätig, so muß auch die Abweichung von der vorigen Richtung stätig — eine stäts von der vorigen Richtung abweichende d. i. eine krumme Linie sein.

V. Und weil diese Verschiedenheit in jedem Uebergange wirklich stätig ist, so macht der Körper bei dem Eintreten in das Mittel — wirklich eine krumme, hernach aber eine gerade Linie; sobald nemlich die Ungleichheit des Widerstandes aufhört.

* Daraus die Erklärung (zum Theile), warum die Kugel eines Feuerrohrs, die schief auf einen Fisch unter das Wasser geschossen wird,

wird, den Fisch verfehlet, wenn nicht unter den Fisch gezielet und gehalten wird — u. d. gl.

22.

Aenderung der Richtung bewegter Körper beim Auffallen auf einen Gegenstand.

Es sind folgende Fälle möglich:

a. Entweder ist der Gegenstand, auf den ein Körper fällt, **weich**, oder **hart**, oder **elastisch**.

b. Der auffallende Körper besitzt entweder Elasticität, oder keine.

c. Und die Richtung des auffallenden Körpers ist entweder senkrecht, oder schief.

* Es giebt zwar keine vollkommen elastische Körper, wie wir hier durchgehends voraussetzen müssen; dennoch kommen stählerne, gläserne, und elfenbeinene Kugeln den vollkommen elastischen Körpern sehr nahe. Newton (Phil. natur. princip,) fand durch Versuche, daß die Wirkung der Zusammendrückung sich beinahe verhalte bei gläsernen Kugeln $= 15 : 16 = \frac{15}{16} : 1$, und bei Kugeln, die aus fest zusammengeschnürter Wolle

Wolle bestanden = 5 : 9 = $\frac{5}{9}$ : 1. Woraus erhellet, daß die Elasticität der erstern, jener der vollkommen elastischen Körper sehr nahe komme.

23.

**Versuche.**

1. Läßt man eine Kugel aus Blei, oder Elfenbein (eine unelastische, oder elastische) nach welcher Richtung man will, auf einen weichen Thon fallen, so verliert sie da ihre Bewegung, und bleibt stecken.

2. Läßt man eine Blei-Kugel auf einen harten unelastischen Körper A B (Fig. 13. T. I.) auffallen vertical, so bleibt sie liegen — geschieht der Auffall schief nach der Richtung D C, so bewegt sie sich mit ihrer parallelen Kraft D F = C B nach der Richtung C B.

3. Läßt man eine elfenbeinerne Kugel auf eine Fett bestrichene Marmorplatte, die wir einen harten Körper nennen — oder auf eine mit Fett bestrichene elastische Fläche herabfallen senkrecht; so springt die Kugel senkrecht wieder in die Höhe, und hinterläßt einen runden Flecken.

4.

4. Fällt die elastische Kugel schief auf nach der Richtung D C, so sprängt sie von der flachen harten, oder elastischen Ebene ab, in einer **entgegesetzten schiefen Richtung** C G, beinahe unter dem **nemlichen** Winkel, unter welchem sie aufgefallen, und hinterläßt einen **länglichten** Flecken.

* Mit andern Worten: fällt ein elastischer Körper auf einer harten, oder elastischen Ebene schief auf, so prällt er nach entgegengesetzter Richtung also ab, daß der Reflexionswinkel dem Auffallswinkel gleich ist... **Auffallswinkel** heißt jener, den die Direction des schief bewegten Körpers D (Fig. 17. Tab. I.) mit der Fläche A C machet. **Reflexionswinkel** ist jener, den die Richtung des bewegten Körpers nach der Abprällung C G mit der Ebene C B bildet. — — Aehnliche, conforme Erfahrungen haben wir in allen Fällen des Auffalls.

24.

## Folgesätze.

I. Fällt ein Körper auf einen weichen Körper auf, so dringt er in seiner **vorigen** Richtung mit allmählig durch den Widerstand des weichen Körpers verminderter Gewalt in densel-

ben

ben ein, bis diese ganz gehemmet ist, und er stecken bleibt — ruhet.

II. Fällt ein unelastischer harter Körper auf einen unelastischen harten vertical auf, so bleibt er liegen; — fallt er schief auf, so bewegt er sich nach einer der Auffallsfläche parallelen Richtung.

III. Fällt ein elastischer Körper z. B. eine Kugel auf einen harten, oder wieder elastischen ruhenden Körper auf; so erhält die Kugel eine zurückprällende Bewegung, so, daß

a. Das Zurückprällen in gerader entgegengesetzter senkrechter Richtung geschieht, wenn die Richtung des Falles senkrecht gewesen.

b. Unter einem Winkel aber, der dem Einfallswinkel gleichet, wenn der Auffall nach schiefer Richtung geschehen.

25.

## Erklärung.

### I.

Um mehrere Deutlichkeit auf die Sätze zu verbreiten.

1. Es falle ein vollkommen elastischer Körper auf einen andern, vollkommen harten senkrecht auf. Seine Masse sei = 2, seine Geschwindigkeit = 6, mithin seine Bewegungsgrösse = 12. Sobald der elastische Körper zur Berührung des unterlegten Körpers kommt, wo der Körper mit seiner Stoßkraft widersteht, muß ein Grad der Geschwindigkeit verloren gehen; und wäre dieser der einzige, so würde der Körper ruhen. Da aber noch 5 Grade der Geschwindigkeit übrig sind, nähert sich der Körper, und die zurücktreibenden gegenseitigen Kräfte vermehren das Zusammendrücken, und zwar mit einer Gewalt = 2. Mithin ist der neue Verlust der Geschwindigkeit = 2 und in dieser unendlich kleinen Zeit würde der Körper ruhen, wenn nicht noch die Geschwindigkeit = 3 übrig wäre:

Es wächst also das Zusammendrücken im Verhältniß mit der Geschwindigkeit = 3 (nach dem Gesetze der gleichen Reaction) und der ganze Verlust von Geschwindigkeit ist = 6; denn im ersten Moment gieng verloren 1, im zweiten 2 im dritten 3. Weil nun der Körper vollkommen elastisch angenommen wird, so wirkt

die-

diese im Zustande des größten Zusammendruckes = 3, im mittlern = 2, und im ersten = 1: es wird also die vorige Figur der Kugel wieder hergestellt.

Da aber der Gegenstand ein unbeweglicher vollkommen harter Körper ist, so muß die ganze Gewalt auf die zusammengedrückte Kugel verwendet, und weil die elastische der zusammendrückenden Gewalt gleich ist, die vorige Geschwindigkeit, und die vorige Richtung herfürgebracht werden.

* Es bedarf kaum einer Erinnerung, daß die elastischen Kräfte die vorige Figur des Körpers mit beschleunigter Gewalt zurückbringen.

2. Setzen wir nun, daß der nemliche Körper mit der nemlichen Geschwindigkeit auf einen andern gleichfalls unbeweglichen, aber elastischen Körper senkrecht auffalle. — da werden beide Körper ihre Figur ändern, und jener nach der halben Bewegungsgrösse zusammengedrückt werden; denn die halbe Kraft wird zum Zusammendrücken der Kugel, die andere Hälfte aber zum Zusammendrücken des unbeweglichen Körpers verwendet. Die auffallende Kugel kann



also durch ihre Schnellkraft nur die halbe Geschwindigkeit zurück erhalten, weil sein Zusammengedrücktsein nur der halben Geschwindigkeit gleicht.

Es ist aber auch der unbewegliche Körper zusammengedrückt; mithin macht er nicht nur, daß sich die Kugel gegen ihn nicht ausdehne, sondern theilt ihm auch durch seine Federkraft die andere Hälfte der Geschwindigkeit mit.

Die Kugel muß also mit der nemlichen Geschwindigkeit, und da die elastischen Kräfte der vorigen Richtung gerade entgegen wirken, in der nemlichen senkrechten Linie zurückprällen.

* Die runde Gestalt des Fleckens, den die auffallende Kugel zurückläßt, bestätiget diese Erklärungen.

## II.

Ist der Auffall schief z. B. nach der Richtung DC (Fig. 17. T. I.) so kann die Richtung DC als Diagonal = AD + DF angesehen werden.

1. Wären beide Körper, der anstossende und der unbewegliche angestossene, unelastisch,

so

so würde der schief auffallende nach dem Stoß, unter welchem alle Verticalkraft verloren geht, mit der parallelen Gewalt in der Richtung CB mit der Geschwindigkeit CB = AC = DF fortbewegt werden.

2. Ist aber der aufstossende elastisch, und der unbewegliche hart, oder auch elastisch, so erhält der aufgefallene Körper bei C eine Bestimmung nach der verticalen Richtung CF = AD.

3. Da die parallele Kraft DF = CB unverändert bleibt, so wirken auf den Körper beim Auffalle die nemlichen Kräfte im nemlichen Verhältniß nach der entgegengesetzten Richtung, womit er angekommen: er muß also nach entgegengesetzter Richtung unter dem nemlichen Winkel die Diagonal CG durchlaufen, unter welchem er aufgefallen d. i. der Reflexionswinkel ist dem Auffallswinkel gleich: Die Diagonallinie CG ist auch wirklich der Diagonallinie DC gleich, und der Winkel GCB = dem Winkel DCA.



* Das nemliche wird durch die ovale Figur des Fleckens, den eine schief auffallende Elfenbeinkugel formirt, bestätiget. —

III.

Fällt endlich ein harter oder elastischer Körper auf einen weichen, so verliert der aufgefallene alle seine Geschwindigkeit ohne wieder eine zu empfangen; da muß denn der Körper im weichen endlich ruhen, und stecken bleiben.

26.

## Abänderung der Richtung bewegter Körper beim Anstoß.

### Vorbegriffe.

1. Wenn ein bewegter Körper seine Bewegung nicht fortsetzen kann, ohne einen andern von seiner Stelle zu vertreiben; so stößt er diesen (percutit) es folgt ein Anstoß (Percussio, conflictus corporum).

2. Körper, die aufeinander stossen, sind entweder hart, weich, oder elastisch.

3. Wirken zwei Körper durch den Anstoß aufeinander, so ist der angestossene entweder in Ruhe, oder auch in Bewegung.

4. Sind beide vor dem Anstoß in Bewegung, so bewegen sie sich entweder nach einerlei Richtung, oder nicht nach einerlei Richtung.

5. Ist das letzte, so prällen sie entweder so ineinander, daß die Mittelpuncte in einer Linie liegen, oder nicht: d. i. der Stoß ist entweder gerade, central oder schief.

6. Endlich haben zwei zusammenstossende Körper entweder einerlei Masse, oder diese sind verschieden.

* Man sieht hieraus schon, daß durch solche manigfaltige Verbindung sehr viele Fälle zu erwägen vorkommen: wir untersuchen die fürnehmsten.

## 27.

## Gesetze des Anstosses bei unelastischen Körpern.

I. Wenn ein unelastischer Körper A (Fig. 7. Tab. I.) auf einen andern unelastischen B, wel=

welcher ruhet, stößt; so verliert A eben soviel von seiner Bewegung, als er B mittheilt — denn Wirkung, und Gegenwirkung sind gleich. Mithin

* Es wird durchgehends hier der Fall gesetzt, daß der Stoß central sei.

II. Ist die Grösse der Bewegung (Quantitas motus) nach dem Anstoß (*) allemal jener vor dem Anstoß gleich — denn nach dem Anstoß sind 2 Körper gleichsam Theile eines einzigen Körpers, und gehen mit gemeinschaftlicher Bewegung nach ihrer Richtung des Stosses fort.

(*) Die gemeinschaftliche Bewegung, oder jene, welche beiden nach dem Stoß gleich ist.

* Beispiel: Es bewege sich eine Thonkugel A, derer Masse = 4 gegen eine andere ruhende Thonkugel B = 4 mit einer Geschwindigkeit = 6; so ist die gemeinschaftliche Bewegung, oder Geschwindigkeit nach dem Anstoß = 3. Nun ist die Bewegungsgrösse vor dem Stoß = 24 nach dem Stoß = 4·3 + 4·3 = 24: mithin jener vor dem Stoß gleich.

III.

III. Da nun die gemeinschaftliche Bewegung nach dem Anstoß, also beschaffen sein muß, daß die Quantitas motus nach dem Anstoß der Bewegungsgrösse des Körpers A vor dem Stoß gleiche; so findet man die gemeinschaftliche Geschwindigkeit, oder Bewegung C, wenn man die Quantitas motus des Körpers A vor dem Stoß = MC durch die Summe der beiden Massen M + m dividirt: allgemein, wenn $C = \frac{MC}{M + m}$. Denn in diesem Falle ist die gemeinschaftliche Bewegung allemal jener vor dem Anstoß gleich.

* Beispiel von diesem n. II. *

** Ist der ruhende Körper von sehr grosser Masse, so ist's einleuchtend, daß gar keine merkliche Bewegung erfolge nach dem Anstoß z. B. im Stoß, den ein fallender Stein auf die Erdkugel, bei seinem Auffall an dieselbe machet.

28.

IV. Im Falle, daß sich beide unelastische Körper nach einerlei Gegend bewegen, A mit der grössern, B mit der kleinern Geschwin-

schwindigkeit; so muß nach dem Stoß die gemeinschaftliche Bewegung der Quantitas motus vor dem Stoß abermal gleich sein: um diese zu finden, muß man also die Grösse der Bewegung vor dem Stoß, mit der Summe der Massen von A und B dividiren, d. i. $C = \frac{MC + mc}{M + m}$; in welcher Formel die grossen Buchstaben die Quantitas motus von A, die kleinern jene von B ausdrücken.

* Beispiel: Es stosse eine Thonkugel A, 4 Loth schwer, mit einer Geschwindigkeit = 6 auf eine andere 4 Loth schwere Thonkugel B, in der nemlichen Richtung mit einer Geschwindigkeit = 3; so ist $C = \frac{6.4 + 3.4}{4 + 4} = \frac{36}{8} = 4\frac{4}{8} = 4\frac{1}{2}$.

29.

V. Wenn endlich die unelastischen Körper A und B sich vor den Anstoß gerade einander entgegengehen; so ist klar, daß durch den Stoß wenigst eine von diesen entgegengesetzten Be-

Bewegungen vernichtet werde. Weil aber die Gegenwirkung allemal der Wirkung gleich ist, so muß, während daß die eine dieser Bewegungen vernichtet wird, von der andern ein eben so grosser Theil erlöschen: mithin

1. Sind beide einander entgegengesetzten Bewegungen gleich, so ruhen nach dem Anstoß beide Körper.

2. Sind sie ungleich, so erfolgt aus dem Uebermaaß der Kräfte eine gemeinschaftliche Bewegung beider Körper in der Richtung der grössern:

Daraus ist nun klar, daß man in diesem Falle die gemeinsaftliche Geschwindigkeit, mit welcher beide Körper nach dem Stoß fortgehen, findet, wenn man die Differenz der Bewegungsgrösse vor dem Stoß $= MC - mc$ durch die Summe der Massen $= M + m$ dividirt $C = \frac{MC - mc}{M + m}$; denn es ist gerade soviel, alswenn die Körper mit dem Ueberschuß allein bewegt würden.

* Bei-

* Beispiele: Es stossen 2 Thonkugeln A und B in gerader Linie zusammen; die Masse von A sei = 6, die Geschwindigkeit = 3; die Masse von B = 3, ihre Geschwindigkeit = 6; die Quantitas motus eines jeden vor dem Stoß ist = 6.3 = 18; nach dem Stoß = $\frac{18 - 18}{9} = 0$. — Es stossen nun andere 2 Thonkugeln zusammen in gerader Linie, bei denen M = 4; C = 9; m = 3, c = 5, so ist die gemeinschaftliche Bewegung nach dem Stoß: $= \frac{36 - 15}{4 + 3} = \frac{21}{7} = 3$.

## 30.

## Gesetze des Anstosses bei elastischen Körpern.

### Anmerkung.

Sind die Körper A und B elastisch, z. B. elfenbeinerne, gläserne Kugeln; so werden ihre Theile durch den Stoß zusammengedrückt, bis beide Körper mit einer gemeinschaftlichen Geschwindigkeit in einerlei Richtung fortzugehen anfangen (den Fall mitbegriffen, wo sie zur Ruhe gelangen) und deßwegen wird die gemeinschaftliche Geschwindigkeit elastischer Körper nach

dem

dem Anstoß, durch die nemlichen Regeln erfunden, die wir vorher (29.) angezeigt haben.

Sind die elastischen Körper durch das Zusammendrücken ihrer Theile in den gemeinschaftlichen Zustand gerathen, so höret den Augenblick das Zusammendrücken der Theile auf; und diese fangen an, sich wieder auszudehnen, wie oben 25. erklärt worden.

I. Bei Anstoß elastischer Körper also vereinigen sich zwei Bewegungen,

die **ursprüngliche** des Anstosses,

und die **zurückspringende** der eingedrückten Theile:

**Daher verdoppelt sich natürlich jeder Grad der Geschwindigkeit**, die durch den Stoß einem elastischen Körper mitgetheilt wird.

* Wir wollen nun Deutlichkeit halber bei einem gestossenen elastischen Körper die Fälle unterscheiden.

1. Wenn er vor dem Anstoß **ruhet**,

2. Wenn er sich nach einerlei **Richtung** mit dem **anstossenden Körper bewegt**,

3. Wenn er dem anstossenden entgegen läuft.

31.

I. Ruhet die Kugel B vor dem Anstoß, so empfängt sie durch den Anstoß während der Zusammendrückung der Theile die bestimmte gemeinschaftliche Bewegung, und durch die Wiederherstellung dieser Theile erhält sie allemal eine eben so grosse Geschwindigkeit in eben der Richtung (vorherg. N.): also nach dem Stoß bewegt sich der ruhende Körper in der Richtung des stossenden, mit einer Geschwindigkeit, welche zweimal so groß, als diejenige ist, mit welcher er sich bewegen würde, wenn beide Körper unelastisch wären.

32.

Woraus nun die besondern Fälle leicht zu bestimmen sind.

1. Wenn die Massen der Körper A und B gleich sind z. B. = 4, und die Geschwindigkeit von A vor dem Stoß = 8; so ist die gemein=

meinschaftliche Bewegung beider am Ende der Zusammendrückung $= \frac{CM}{M + m} = \frac{32}{8} = 4 \ldots$ Die Geschwindigkeit des Körpers B also $2.4 = 8$. Der Körper A aber verliert durch die Zusammendrückung die Geschwindigkeit $8 - 4 = 4$; zieht man diese von der vorher gefundenen gemeinschaftlichen ab, so erhält man $4 - 4 = 0$, d. i. im allgemeinen Ausdruck:

**Wenn die Massen der vollkommen elastischen Körper A und B gleich sind, und B vor dem Anstoß ruhet, so theilt der stossende Körper A seine ganze Geschwindigkeit dem gestossenen B mit, und der stossende A ruhet.**

* Wenn auch sehr viele aufgehängte elastische Kugeln mit ihren Mittelpuncten in einer Reihe aneinander rühren, und man läßt die äußerste anstossen, so ruhen alle Zwischenkugeln, und die letztere springt ab mit jener Gewalt, womit die erste angestossen hat: Die Kugel A theilt nemlich der nächsten B ihre ganze Geschwindigkeit mit, und ruhet, B ertheilt sie der nächsten C, und ruhet — u. s. f.

33.

2. Wenn die Masse A dreimal so groß ist, als die Masse B, mithin wie z. B. 12: 4, und die Geschwindigkeit von A vor dem Stoß = 8, so ist die gemeinschaftliche Bewegung am Ende der Zusammendrückung $= \frac{12.\ 8}{11 + 4} = \frac{96}{16}$ 6: folglich die Geschwindigkeit des Körpers B nach dem Stoß = 2.6 = 12, der Körper A verliert durch die Zusammendrückung seiner Theile die Geschwindigkeit 8 — 6 = 2; zieht man diese von der vorhergefundenen gemeinschaftlichen ab; so bleibt 6 — 2 = 4; mit welcher Geschwindigkeit A nach dem Anstoß, in seiner vorigen Richtung fortgeht; allgemein ausgedrückt also:

Wenn der stossende Körper A eine *grössere* Masse hat, als der ruhende B, so erhält der gestossene eine grössere Geschwindigkeit durch den Stoß, als der stossende vorher hatte; der stossende aber muß nach dem Anstoß in seiner vorigen Richtung mit verminderter Geschwindigkeit nachlaufen.

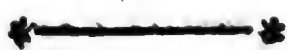
34.

3. Endlich wenn die Masse des stossenden Körpers A dreimal kleiner ist als die Masse des gestossenen B z. B. wie 4 : 12 und die Geschwindigkeit von A = 8; so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung $= \frac{4.8}{4+12} = \frac{32}{16} = \frac{16}{8} = \frac{8}{4}$ = 2: Folglich die Geschwindigkeit von B = 2. 2 = 4. Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung die Geschwindigkeit 8 — 2 = 6. Ziehet man von dieser die vorhergefundene gemeinschaftliche ab, so bleibt 6 — 2 = 4, mit welcher Geschwindigkeit A nach dem Stoß zurückspringt, im allgemeinen also:

**Wenn der stossende Körper eine kleinere Masse hat, als der gestossene; so bekommt B durch den Anstoß eine kleinere Geschwindigkeit, als er vor dem Anstoß hatte; A aber springt mit einer kleinern Geschwindigkeit, als er vor dem Anstoß hatte, zurück.**

* Wenn die Masse A viermal kleiner ist, als die Masse von B, so leuchtet es ein,

daß



daß die Geschwindigkeit des Körpers B nach dem Anstoß, sehr geringe, ja unmerklich sein müsse, da indeß A mit einer eben so grossen Geschwindigkeit zurückspringt, als A angelaufen.

35.

II. Bewegt sich B vor dem Anstoß in eben der Richtung, in welcher A anläuft, doch so, daß B langsamer einhergeht als A, so wird durch die Zusammendrückung der Theile die Geschwindigkeit von B vermehrt, so, daß beide am Ende der Zusammendrückung eine gemeinschaftliche Geschwindigkeit erhalten, die wir oben für die nichtelastischen Körper bestimmt haben (27.). Es kommt aber durch die Wiederherstellung der Theile dem Körper B eine eben so grosse Vermehrung hinzu (n. 28.); daher findet man für diesen Fall die gemeinschaftliche Geschwindigkeit:

Wenn man die gemeinschaftliche Geschwindigkeit sucht, mit welcher die Körper fortgehen würden, wenn sie unelastisch wären;

Und dazu den Ueberschuß dieser gemeinschaftlichen Geschwindigkeit über diejenige, welche B vor dem Stoß hat, hinzusetzt. —

Dar=

Daraus die Bestimmung besonderer Fälle in Beispielen.

36.

1. Wenn die Massen A und B gleich sind, und vor dem Anstoß die Geschwindigkeit des Körpers A = 4 und die Geschwindigkeit des Körpers B = 2; so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit beider am Ende der Zusammendrückung der Theile $= \frac{4 + 2}{1 + 1} = \frac{6}{2} = 3$. Nach dem Stoß ist demnach die Geschwindigkeit des Körpers B $= 3 + 3 - 2 = 4$. Und da die Geschwindigkeit, welche A durch die Zusammendrückung verliert $= 4 - 3 = 1$, und nach dem Abzuge dieser verlorenen Geschwindigkeit von der vorhin gemeinschaftlichen, die Geschwindigkeit $3 - 1 = 2$ übrig bleibt, so bewegt sich A nach dem Stoß in seiner vorigen Richtung mit der Geschwindigkeit = 2. Allgemein: wenn die Massen der vollkommen elastischen Körper A und B gleich sind, und beide sich vor dem Stoß in einerlei Richtung bewegen, so sezen sie ihre Bewegung nach dem Stoß in derselben Rich-

tung mit verwechselter Geschwindigkeit fort.

2. Wenn die Masse des Körpers A dreimal grösser ist, als die Masse des Körpers B, oder A = 3, B = 1; und vor dem Stoß die Geschwindigkeit von A = 10 die Geschwindigkeit B aber = 2, so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung $= \frac{30 + 2}{4} = 8$; nach dem Stoß ist also die Geschwindigkeit von B $= 8 + 8 - 2 = 14$. Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung eine Geschwindigkeit $= 10 - 8 = 2$. Zieht man diese von der vorhergefundenen gemeinschaftlichen ab, so bleibt $8 - 2 = 6$, mit welcher Geschwindigkeit der Körper A nach dem Stoß in seiner vorigen Richtung fortgeht.

3. Wenn der stossende Körper A = 1, der gestossene B = 3, und vor dem Stoß die Geschwindigkeit von A = 8, die Geschwindigkeit von B = 4; so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung = 5. Nach dem Anstoß ist also die Geschwindig-

dig-

digkeit des Körpers B = 5 + 5 — 4 = 6... Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung eine Geschwindigkeit = 8 — 5 = 3: folglich, da diese von der vorhingefundenen gemeinschaftlichen abgezogen, 5 — 3 = 2 übrigläßt, so bewegt sich A nach dem Anstoß, in seiner vorigen Richtung, in der Geschwindigkeit = 2,

4. Wenn, wie vorher A = 1, B = 3, die Geschwindigkeit von A aber vor dem Anstoß = 9, die Geschwindigkeit von B = 3; so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung $= \frac{18}{4} = 4\frac{1}{2}$: die Geschwindigkeit des Körpers B nach dem Anstoß, ist also $= 4\frac{1}{2} + 4\frac{1}{2} - 3 = 6$... Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung eine Geschwindigkeit $= 9 - 4\frac{1}{2} = 4\frac{1}{2}$. Zieht man diese von der vorhingefundenen gemeinschaftlichen ab, so bleibt $4\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$

 =

$= 0$: der Körper A ruhet also nach dem Anstoß.

5. Wenn abermal $A = 1$, $B = 3$; die Geschwindigkeit von $B = 2$; so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung $= 4\frac{1}{2}$. Nach dem Anstoß ist demnach die Geschwindigkeit des Körpers $B = 4\frac{1}{2} + 4\frac{1}{2} - 2 = 7$.... Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung die Geschwindigkeit $12 - 4\frac{1}{2} = 7\frac{1}{2}$. Zieht man hievon die vorhin gefundene gemeinschaftliche Geschwindigkeit ab; so erhält man $7\frac{1}{2} - 4\frac{1}{2} = 3$ mit welcher A nach dem Anstoß zurückspringt.

## 37.

Bewegen sich endlich die elastischen Körper A und B vor dem Anstoß gegeneinander, so findet man die gemeinschaftliche Geschwindigkeit

nach

nach dem Anstoß: wenn man die nach (24.) gefundene gemeinschaftliche Geschwindigkeit 2mal nimmt, und dann die Geschwindigkeit hinzusetzt, welche B vor dem Anstoß hatte.

Sobald nemlich B zur Berührung mit A komt; so wird ihm seine vorige Geschwindigkeit, die er in der Richtung D B hatte, entzogen, und dafür die Hälfte vom Uebermaaß der Bewegung von A mitgetheilt: (oben.)

Da aber die Kraft, welche dem bewegten Körper die Geschwindigkeit entzieht, ihm eine eben so grosse Geschwindigkeit nach entgegengesetzter Richtung beibringen würde, wenn er ruhete; so empfängt B beim Stoß eine Zusammendrückung, und durch diese einen solchen Druck nach der Richtung D B, welcher der gemeinschaftlichen Bewegung nach dem Stoß elastischer Körper (n. 31. 32. ꝛc.) und der vorher gehabhabten Geschwindigkeit gleich ist: also ꝛc.

* Die besondern Fälle lassen sich auch hieraus leicht bestimmen.

38.

1. Wenn die Massen von A und B gleich sind, und vor dem Anstoß die Geschwindigkeit von A = 10; die Geschwindigkeit von B = 6, so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung $= \frac{10 - 6}{1 + 1} = \frac{4}{2} =$ 2, folglich bewegt sich B nach dem Stoß, in der Richtung B D; d. i. zurück, mit der Geschwindigkeit 2 + 2 + 6 = 10... Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung die Geschwindigkeit 10 — 2; zieht man von der restirenden Geschwindigkeit 8, die vorhin gemeinschaftliche 2 ab, so bleibt 8 — 2 = 6: mit welcher Geschwindigkeit A nach dem Stoß zurückspringt.

* Nimmt man statt der Zahlen einen allgemeinen Ausdruck, so gilt: wenn 2 vollkommen elastische Körper von gleichen Massen einander entgegen gehen; so springen sie nach dem Stoß mit verwechselten Geschwindigkeiten von einander zurück.

39.

2. Wenn die Masse A dreimal grösser ist, als die Masse B, und beider Körper Geschwindigkeit vor dem Anstoß = 8, so ist die gemeinschaft-

schaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung = 4: folglich bewegt sich B nach dem Stoß, in der Richtung BD mit der Geschwindigkeit 4 + 4 + 8 = 16. Der Körper A verliert durch den Zusammendruck die Geschwindigkeit 8 — 4; zieht man die noch bleibende Geschwindigkeit von jener gemeinschaftlichen 4 ab; so bleibt 4 — 4 = 0; d. i. A ruhet nach dem Anstoß.

40.

3. Wenn, wie vorher, sich die Masse A zu B verhält wie 3: 1; die Geschwindigkeit aber vor dem Anstoß von A = 10, von B = 6, so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung = 6. Nach dem Anstoß bewegt sich also B in der Richtung BD mit der Geschwindigkeit = 6 + 6 + 6 = 18. Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung die Geschwindigkeit = 10 — 6 = 4. Zieht man diese von der gemeinschaftlichen ab, so bleibt 6 — 4 = 2, mit welcher Geschwindigkeit A nach dem Anstoß, in seiner vorigen Richtung ABD fortgeht.

41.

41.

4. Wenn abermal A = 3, B = 1; die Geschwindigkeit von A aber vor dem Anstoß = 6, die Geschwindigkeit von B = 10 ist, so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit am Ende der Zusammendrückung = 2. Nach dem Stoß bewegt sich also B in der Richtung BD, mit der Geschwindigkeit 2 + 2 + 10 = 14... Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung die Geschwindigkeit = 6 — 2; zieht man hievon die vorhingefundene gemeinschaftliche ab; so bleibt 4 — 2 = 2 mit welcher Geschwindigkeit A nach dem Anstoß zurückspringt.

42.

5. Wenn endlich die Masse A dreimal kleiner ist, als die Masse B = 1: 3; und vor dem Anstoß, die Geschwindigkeit von A = 12, jene von B = 4; so ist die gemeinschaftliche Geschwindigkeit = 0. Nach dem Stoß bewegt sich also B in der Richtung BD mit der Geschwindigkeit 0 + 0 + 4 = 4... Der Körper A verliert durch die Zusammendrückung die Geschwindigkeit = 12, und folglich, da der Ueberschuß dieser Geschwindigkeit, über jene gemein=

meinschaftliche = 12; so springt A nach dem Anstoß, mit der Geschwindigkeit = 12 zurück.

* Allgemein also: wenn die Geschwindigkeiten zweier vollkommen elastischer Körper sich verhalten, wie verkehrt ihre Massen, so springt nach dem Anstoß ein jeder mit der Geschwindigkeit zurück, die er vor dem Stoß hatte.

## 43.

## Abweichung bewegter Körper von der vorigen Richtung, verursacht durch einen Zug, oder durch die Schwere gegen ein Centrum.

Es finden hier drei Fälle statt.

I. Wenn ein Körper von der Erde weggeworfen wird.

II. Wenn ein Körper durch Hilfe eines Fadens, Drates u. d. gl. an einem Punct angemacht, in Bewegung kommt.

III. Wenn ein Körper von einer Schwerkraft und Wurfskraft, die in verschiedenen Richtungen wirken, getrieben wird.

Nun die Gesetze.

44.

44.

## Gesetze der Bewegung geworfener Körper.

Ein geworfener Körper ist jener, welchen man durch einen Stoß in Bewegung setzet entweder gerade in die Höhe, nach einer schiefen, oder mit einer dem Horizon gleichlaufenden Richtung. — Dergleichen ist die Bewegung eines Steins, der mit der Hand fortgeschleudert wird, oder eines **Pfeils**, den man mit dem Bogen forttreibt, oder einer **Kanonenkugel**, **Bombe**, u. d. gl. wenn sie durch die Gewalt des Pulvers fortgeschossen wird.

45.

Diejenige Gewalt, womit ein Körper fortgeworfen wird, heißen wir den Stoß — **Wurf** — und den Raum, durch den er geworfen wird, die **Weite** des Stosses, **Wurfes** — den Schuß, die horizontale **Weite**.

46.

Es wirken auf einen geworfenen Körper immer zwei Kräfte, der Stoß und die Schwere.

Ver-

Vermöge der ersten bewegt sich der Körper in gleichen Zeiten beständig durch einen gleich grossen Raum AB, BC, CD, u. s. w. (Fig. 21. T. I.) vermöge der andern aber sinkt er so, daß sich die Räume AG, AH, AI, u. s. w. wie die Quadrate eben dieser gleichen Zeiten verhalten. Mithin x.

I. Beschreibt der Körper, welcher geworfen wird, wegen den beiden auf ihn wirkenden Kräften keine gerade, sondern eine krumme Linie AQ, die wir Parabel (*) nennen.

(*) Die Geometrie beweiset von der Parabel, daß sich die Abscissen AG, AH, AI, u. s. f. wie die Quadrate der ihnen zugehörigen Ordinaten GM, HN, IO, u. s. f. verhalten. Da nun dieses eben die Eigenschaft ist, welche die Linie an sich hat, die ein geworfener Körper beschreibt, so erheller, daß sich derselbe in einer Parabel bewege.

* Aus dem angeführten haben ihre Erklärung die parabolische Bewegung der Bomben — die Bögen des schiefspringenden Wassers u. d. gl. —

47.

## Gesetze der Schwungbewegung.

### Vorbegriffe.

1. Hängt man an einem festen Punct durch Hilfe eines Stängchens, Drates, Fadens, u. d. gl. einen Körper auf, der sich frei um den festen Punct, als um sein Centrum bewegen läßt; so heißt man das Stängelchen, den Faden u. d. gl. sammt dem Gewichte, Pendul.

2. Der Punct, in welchem wir uns das Gewicht versammelt vorstellen, nennen wir den Schwingungspunct (Centrum Oscillationis).

3. Wird ein Pendul aus seiner senkrechten Lage gebracht, und sich überlassen, so beschreibt es eine krumme (*) circulförmige (**) Linie, bis zu seiner senkrechten Lage (Fig. 22. T. I.)

(*) Krumm ist die Linie, weil das Pendul von zwei Kräften getrieben wird, die einen Winkel einschließen, und ihr Verhältniß stätig ändern.

(**) Circulförmig, weil der angehängte Körper sich dem Mittelpunct A weder nähern, noch sich von ihm entfernen kann.

4.

4. Von der senkrechten Lage steigt es mit seiner erworbenen Geschwindigkeit wieder auf der entgegengesetzten Seite zur nemlichen Höhe, von der es herabgefallen (die Hindernisse der Bewegung abgerechnet) und diese Bewegung heißt man die Schwingung, oscillirende Bewegung (Vibratio, Oscillatio).

5. Von dieser Höhe fällt das Pendul wieder, kommt in eine senkrechte Lage, und steigt auf der vorigen Seite wieder auf die vorige Höhe; und dieses Hin- und Herschwanken heißt: Schwungbewegung (Motus oscillationis, motus pendulorum) und dauert immerfort (an und für sich, Reibung, Widerstand der Luft u. a. m. abgezogen).

48.

## Gesetze.

I. Die Schwingungen eines Penduls sind in sehr kleinen Bögen (von 2—3 Graden) einander gleich (Oscillationes isochronae). — Erfahrung des de Chales.

II. **Wenn verschiedene Penduln ähnliche** Bögen durchlaufen, so verhalten sich die

Schwin-

Schwingungszeiten wie die Producte aus der Wurzel der Länge, und verkehrt aus der Wurzel der Schwere: algebraisch $T : t = \sqrt{\frac{L}{G}} : \sqrt{\frac{l}{g}}$, mithin

III. Schwingen Penduln von gleicher Länge und Schwere in gleichen Zeiten.

IV. Bei Penduln von ungleicher Länge, aber gleicher Schwere verhalten sich die Zeiten wie die Quadratwurzeln ihrer Längen; also

V. Die Längen der Penduln wie die Quadrate der Zeiten, in denen sie schwingen —

* Wächst die Schwere bei der nemlichen Länge, so muß die Schwingungszeit kürzer sein — oder um gleichzeitige Schwingungen zu erhalten muß man das Pendul verlängern. . . Setzt man daher die Schwere in unsern Gegenden, welche in der ersten Secunde einen Körper durch 13,625 rheinl. Fuß treibt, = 1; so lassen sich die Schweren an andern Orten der Erdfläche in Zahlen ausdrücken: sie verhalten sich nemlich wie die Längen eines Penduls, das in einer Secunde gerade Eine Schwingung macht

macht (Secundenpenduls) an diesen Orten. Wenn man also das Secundenpendul unterm Aequator 439,10 Linien; unterm Pol 441,69 Linien findet, so ist die Schwere unterm Aequator = 0,99606; unterm Pol 1,000254 (Erste Abh. 113. 11.). — So hat auch Bouguer in Quito das Secundenpendul in einer Höhe von 1500 Toisen (Klafter) 438,82 Linien und auf dem 2400 Toisen hohen Pichincha 438,69 Linien gefunden, da es am Ufer des Meeres 439,10 Linien war; die Schwere ist daher auf beträchtlichen Anhöhen kleiner als auf Ebenen (Erste Abh. 113. 12.).

## 49.

### Der Nutzen der Penduln ist vielfach.

1. Taugen sie, die Zeiten zu messen; denn da kleine Schwingungen gleichzeitig sind, so gilt eine bestimmte Anzahl solcher Schwingungen für ein bestimmtes Zeitmaaß. Z. B. Wenn eine Schwingung innerhalb einer Secunde vollendet wird, so machen 3600 Schwingungen eine Stunde. — Die Länge eines Penduls, das bei uns Secunden schwingen soll, ist 3 Pariserschuhe, 0 Zoll, 8,5 Linien; und heißt Pes horarius, Stundenmaaß.

2. Durch Hilfe der Penduln hat man erfahren, daß auf beträchtlich hohen Bergen das nemliche Pendul weniger Schwingungen mache, als auf der Ebene, mithin die Schwere auf dem sehr hohen Berge kleiner als an dessen Fuße sei. Eben so erhellet aus den Beobachtungen Condamin's und Bouguers, daß das nemliche Pendul immer schneller schwinge je mehr man sich damit dem Pole als dem Aequator nähert; da nun in der Länge des duls gar keine Veränderung vorgegangen ist, so muß sich die Schwere geändert haben: es muß die Schwere gegen die Pole grösser sein als gegen den Aequator (vorher. *).

3. Durch Hilfe der Penduln lassen sich die Höhen der Gebäude u. d. gl. messen. — Die Entfernung eines Schiffes, woraus eine Kanone abgefeuert worden, oder einer Gewitterwolke, die unter Blitzen donnert, bestimmen — u. s. w.

* Beim Gebrauche des Penduls als eines Zeitmaaßes thun sich viele Hindernisse hervor. Anfangs bediente man sich eines freien Penduls; da aber die Luft, und die Reibung am Aufhängspunct die Bewegung bald hemmet, so hat Huigen die Penduln an einem

nem Uhrwerke angebracht, so, daß durch eine Feder, oder durch das Gewicht sollte ersetzet werden, was an der Bewegung durch den Widerstand der Luft, oder durch den Affrict verloren gegangen. — Allein man merkte bald, daß sich bei den gewöhnlichen Uhren, woran die Penduln kurz, die Schwingungen aber groß, und mithin ungleich sind, merkliche Ungleichheiten in das Zeitmaaß einschleichen. — Man suchte diesem Fehler dadurch abzuhelfen, daß man das Pendul in einem Bogen einer Cicloide (Ciclois) schwingen ließe, weil diese krumme Linie die Eigenschaft hat, daß ein Körper, der sich darinn bewegt, von jedem Puncte in eben derselben Zeit herabfalle, und so durch Hin- und Herschwanken gleichzeitige Schwingungen mache (Curua tautochrona). Da aber diese Anrichtung äußerst mühesam ist, so wählte man lange Penduln, die kleine Schwingungen formiren, mit einem möglichst geringen Gewichte, um blos dadurch die Bewegung zu ersetzen, welche der Affrict, und die widerstehende Luft weggenommen. Allein es äußerten sich dennoch immer Unrichtigkeiten in den Schwingungen; denn die Abwechslungen der Wärme und Kälte verändern die Längen der Penduln; jene dehnet die Körper aus, und verlängert dadurch das Pendul; diese ziehet die Körper zusammen, und kürzet dadurch das Pendul ab. Man versuchte dieser Unbequemlichkeit durch Schrauben abzuhelfen, oder durch bewegliche Scheibchen, die wir noch an den gewöhnlichen Uhren sehen, und wodurch man das durch Wär-

me verlängerte Pendul mit Hinaufschrauben oder Schieben kürzer, durch Herabschrauben oder Schieben das durch Kälte verkürzte länger machen, und so einigermaßen den Unrichtigkeiten abhelfen kann; aber dieses Mittel hat auch viele Schwierigkeiten in seiner Ausübung. Grahams Entdeckung eines durch Wärme und Kälte unveränderlichen Penduls ist sehr sinnreich; kam aber dennoch nicht zu einer solchen Vollkommenheit, daß der Gebrauch davon allgemein geworden. Die Anrichtung von Harrisson und Cassini thut bei astronomischen Uhren gute Dienste. Vielleicht findet der Secundenperpendicul des Prof. Pickels (Erfurt. 1787.) noch den größten Beifall? — u. s. w.

50.

## Gesetze der freien Bewegung um einen Schwerpunct.

### Vorbegriffe.

1. Wenn sich ein Körper z. B. der Mond B (Fig. 20. Tab. I.) um einen Mittelpunct z. B. um die Erde A drehet, so wirken zwei Kräfte von verschiedenen Richtungen = c g + e d auf ihn.

2.

2. cg, wodurch er gegen den Mittelpunct getrieben wird, heißt Kraft nach dem Schwerpunct (centripeta) **Centripetalkraft**; cd aber, welche dem Körper nach den Tagenten der krummen Linie fortbewegen müßte, wenn die erste unthätig würde, nennt man **Tangentialkraft, Wurfkraft** (Vis projectilis, tangentialis).

3. Beide zusammengenommen kommen unter dem Namen der **Centralkräfte**.

4. Die **Bewegungslinie** (Radius vector) ist eine vom **Mittelpunct** aus bis zum Körper gezogene gerade Linie Ac.

5. Die **Räume**, die von der Bewegungslinie beschrieben werden, nennt man **Sectoren**: in der angezeigten Figur ist cAf ein Sector.

## 51.

## Gesetze.

I. Wirken die Schwer- und Wurfkraft auf einen Körper, so wird er in einer gegen den Mittelpunct concaven, stätig krummen Linie bewegt also, daß die Sectoren den Zeiten proportional sind (Astronomie).

* Nach Verschiedenheit der Grösse dieser Kräfte, und ihren Richtungen muß auch die krumme Linie verschieden sein; da sich aber jene unendlichmale abändern läßt; so ist auch die **Verschiedenheit der krummen Linien** unendlich modificabel.

II. Bewegen sich mehrere Körper z. B. die Planeten um einen gemeinschaftlichen Schwerpunct, um die Sonne, in einer **Elypse**, so sind die **Quadrate der Umlaufszeiten** wie die **Cubi ihrer Entfernungen vom Mittelpuncte** (Astronomie) (Empir. Theil. 115.)

* Diese Bewegungsart entdecken wir in der Schleuder, in allerlei Maschinen... Die ganze Planetenwelt bewegt sich durch die **Centralkräfte.** u. s. w.

# II.

## Vom

## Gleichgewichte fester Körper.

### (Geostatik.)

52.

Die Lehre vom Gleichgewichte fester Körper heißt Geostatik.

Gleichgewicht ist die Ruhe, welche aus gleichem Bestreben nach gerade entgegengesetzten Richtungen entsteht.

Wir wissen aus Erfahrung, daß z. B. in einem Teller ein Punct zu finden sei, mit welchem er auf einer Messerspitze ruhet, und von

wel=

welchem weg seine Theile nach allen Richtungen im Gleichgewichte sind. — Eben so findet sich in allen Körpern ein solcher Punct, um welchen sich alle Theile nach jeder geraden Linie im Gleichgewichte befinden; denn er ist in allen auffindbar. Und dieser Punct heißt Schwerpunct. Jener Punct, auf dem der Schwerpunct aufliegt, heißt der Ruhepunct, Untersatz, Stütze, (Hipomochlion).

## 53.

### Folgesätze aus dem Vorhergehenden.

I. In allen Körpern giebt es einen Schwerpunct.

II. Der Schwerpunct vereinigt die gesammte Schwere aller Theile; — denn in diesem drückt jedes Theilchen niederwärts, daß man also, wegen dem Zusammenhang, die Schwere aller Theile im Schwerpuncte concentrirt denken kann.

III. Ist der Schwerpunct unterstützt, oder wird der Körper am Schwerpuncte aufgehängt; so bleibt der Köper in jeder Lage in Ruhe: wie

im

im Gegentheile der ganze **Körper bewegt wird**, wenn jener in Bewegung kommt.

IV. Wird ein Körper an einem andern Puncte, als an jenem der Schwere, aufgehängt, so kann er nur in zweien Lagen ruhen:

1. Wenn der Schwerpunct gegen über, oder

2. **unter** dem Aufhängspunct in **senkrechter Linie** aufgehängt wird.

V. Was den Schwerpunct hält, muß den ganzen **Körper** tragen.

VI. Die Richtungslinie des Schwerpunctes ist **senkrecht** auf den Horizon.

VII. Zieht sich die Richtungslinie noch durch den **Untersatz** des Körpers, so ist das **Umstürzen** des Körpers **unmöglich**. — Der Körper steht desto fester, je näher die Richtungslinie gegen die Mitte der Grundfläche des Körpers fällt.

VIII. Fällt die Richtungslinie über die **Grundfläche** hinaus, so ist das **Umstürzen** nothwendig (Fig. 24. T. I.)

## 54.
## Hieraus die Erklärung vieler auffallender Naturbegebenheiten.

1. Warum die Körper auf einer großen Grundfläche sicherer stehen als auf einer kleinen — der Mensch auf zwei Füssen fester als auf einem ꝛc. — warum einige Gebäude schief auf dem Horizon aufgebauet sind, und dennoch keinen Sturz gefahren u. s. w.

2. Warum ein umgefallener Kegel sich selbst aufrichte, wenn der Schwerpunct niedriger liegt, als der Unterstützungspunct.

3. Warum der Chinesische Purzelmann rücklings über den Kopf eine Treppe heruntergehe.

4. Warum ein Wagen mit Stein, oder Eisen, oder andern schweren Materialen beladen an einem abhängigen Platze sich er fahre, eine Ladung Heu oder Getreidgarben u. d. gl. umstürze.

5. Warum die Thiere bei Aufhebung eines oder zweier Füsse nicht umfallen.

6. Warum sich unser Körper vorwärts neige, wenn wir eine Last rückwärts tragen; und rückwärts neige, wenn die Last vornen ist —

* Vorausgesetzt, daß der Schwerpunct im menschlichen Körper sich im Becken — in der Mitte zwischen den Hüften befinde.

7. Warum wir den linken Arm ausstrecken, wenn wir an die rechte Hand eine Last hängen; — warum wir ohne den Fuß zurück zu ziehen, oder den obern Theil des Leibes vorwärts zu neigen, nicht vom Sitze aufstehen können.

8. Wie die Seiltänzer sich vor dem Falle bewahren — was ihnen die lange Stange in der Hand tauge u. d. gl. — Ihre Kunst beruht nemlich auf einem feinen Gefühle des Schwerpunctes, und auf der Geschicklichkeit, ihn über einer sehr kleinen Basis — einem Seil, Drat rc. — zu erhalten.

9. Warum ein grosses Gewicht an einem gebogenen Drat unter dem Tische hangen bleibe — das Sägemännchen arbeite, obschon nur der äußerste Theil vom Drat, oder von der Sägemaschine auf dem Tisch aufliegt.

10. Warum ein doppelter Kegel, in dem obenzu ein Stück Blei eingegossen ist, die geneigte Ebene hinaufsteige.

U. s. w.

55.

## Weise den Schwerpunct zu finden.

1. Einer Linie:

Dort ist der Schwerpunct einer Linie, wo sie über eine Schneide gelegt; oder auf eine Spitze gesetzt ruhet — (Fig. 23. T. I.).

* Sie ruhet, wenn die Wirkung auf beiden Seiten gleich — diese aber ist gleich, wenn die Massen beider über den Untersatz hingehender Theile, P, p mit den Entfernungen ihres Schwerpunctes D C, d c, gleiche Producte geben: wenn P D = p d. —

Um diesen Hauptsatz mehr darstellig zu machen, so füge ich folgendes bei.

A. Wird an einem mit dem Horizon parallelen Stäbchen D C d (Fig. 23. T. I.) ein Gewicht senkrecht angebracht, so entsteht eine dreifache Wirkung: die obern Theile werden horizontal gedehnt: die untern horizontal zusammengedrückt, (Vorausgesetzt, das Stäbchen sei vollkommen hart — steif) und alle zugleich nach der Richtung der Schwerkraft getrieben.

B.

B. Die ersten beide Kräfte, welche horizontal wirken, wachsen vom Punct des angebrachten Gewichtes D bis zum Untersatze C in arithmetischer Progression 1, 2, 3, 4, ꝛc. — Nemlich das erste Theilchen, woran das Gewicht hängt, wird von dem Gewicht gezogen = 1; da es aber mit dem zweiten im Zusammenhange steht, und sich von ihm wegen dem Zug des Gewichtes abwärts zu bewegen strebt, so wird das zweite nicht nur vom Gewichte, sondern auch des Zusammenhanges wegen, vom ersten gezogen: die Wirkung ist also = 2; das dritte wird vom Gewichte und wegen dem Zusammenhange vom zweiten und ersten Theilchen gezogen; die Wirkung ist daher = 3, u. s. w.

I. Liegt also ein Stäbchen, an welchem Gewichte hangen, auf einem Untersatze, so steht die Wirkung der parallelen Kräfte beim Untersatze im Verhältniß mit dem am Stäbchen angehängten Gewichte, und der Entferuung desselben vom Untersatze = MD.

II. Folglich erhält man das Gleichgewicht eines solchen Stäbchens, wenn das Product aus dem Gewichte (Masse) in die Entfernung vom Ruhepuncte auf einer, dem Producte aus dem

Ge-



Gewichte und der Entfernung vom Ruhepuncte auf der andern Seite, gleich.

III. Werden demnach an einem Stäbchen verschiedene Gewichte angehängt, so entsteht ein Gleichgewicht, wenn diese mit ihren Abständen von der Unterlage ein **verkehrtes Verhältniß** haben. Algebr. Wenn $P : p = d : D$; denn in diesem Falle ist $P D = p d$.

IV. Die **wahre Ursache** des **Gleichgewichtes** eines Stäbchens also, wenn Gewichte und Abstände von ihrem Ruhepuncte im verkehrten Verhältniß stehen, liegt in den **horizontalwirkenden Kräften**.

* Da alle Körper schwer sind, so kann man alle Theile eines Stäbchens als so viele Gewichte ansehen, und da gilt denn auch von diesen, was wir vom angehängten Gewichte überhaupt gesagt haben.

** Die Kräfte der Gewichte (Quantitas motus) verhalten sich, alswie die Producte aus den Massen und ihren Geschwindigkeiten (Empir. Theil. 50.); die Geschwindigkeiten aber, alswie die Entfernungen vom Mittelpuncte der Bewegung: da nun die Geschwindigkeiten wachsen wie die Entfernungen, so müssen die Kräfte der Gewichte durchgehends um so viel grösser sein als grösser die Entfernungen sind.

sind. . . Von diesem Beweis mündlich — (Fig. 29. T. II.) zur Erläuterung.

56.

2. Der Schwerpunct in regulären, einförmigen, und durchgehends aus einerlei Materie bestehenden Körpern z. B. Parallelogramen, Zirkeln, Kugeln, u. d. gl. ist der Mitelpunct jener Linie, welche zwei gegenüberstehende Puncte oder Winkel E, B miteinander verbindet — (Fig. 24. u. 25. T. I.).

3. Wird in einem Dreiecke von der Spitze desselben zu der Mitte der gegenüberstehenden Seite eine Linie gezogen, und diese in 3 Theile getheilt, so giebt ⅔ dieser Linie von der Spitze herab abgeschnitten den Schwerpunct (Fig. 26.)

4. Der Schwerpunct eines hohlen Kegels ist in der Weite des dritten Theils der Seite desselben, gegen die Grundfläche (Fig. 27. ).

5. In einem dichten Kegel aber ist dieser Punct in der Weite des vierten Theils der Seite gegen die Grundfläche (Fig. 27. T. I.).

6.

6. Wenn zwei Körper miteinander verbunden, und in **Bewegung** sind z. B. ein paar Kettenkugeln (Fig. 5. T. I.), so haben sie einen gemeinschaftlichen Schwerpunct, der in eben der geraden Linie, welche die Mittelpuncte der Körper miteinander verbindet, also liegt, und sie also theilt, daß die beiden Theile sich **umgekehret** wie die Menge der Materie (wie die Masse) in den Körpern verhalten.

7. **Der Schwerpunct der Erde und des Mondes** läßt sich auf die nemliche Weise also finden. Die Masse der Erde verhält sich zur Masse des Mondes ungefähr wie 50: 1; die Entfernung beider ist 60 Halbmesser der Erde, deren jeder beinahe 860 deutsche Meilen beträgt. Es sei nun die Masse der Erde = M = 50. Die Masse des Mondes = m = 1. Der ganze Abstand beider = D = 60 Halbdurchmesser der Erde, deren jeder beiläufig 860 deutsche Meilen beträgt: mithin = 60 . 860 = 51600.

Der Abstand der Erde vom Mittelpuncte der Schwere = x. der Abstand des Mondes von diesem Mittelpuncte = D — x.

Nach dem, was vorhergegangen, ist $M : m = D - x : x$; folglich $Mx = Dm -$

mx:

$mx$: mithin $Mx + mx = Dm$: also $x = \frac{Dm}{M + m} = \frac{51600.1}{50 + 1} = 1011 \frac{39}{51}$ deutsche Meilen.

Der gesuchte Schwerpunct ist daher von der Oberfläche der Erde entfernt beinahe 1011 deutsche Meilen — von dem Monde aber? — Antwort: $50 : 1 = x : 1011$: woraus $x = 1011 . 50 = 50550$ deutsche Meilen... Diese Summe giebt auch wirklich mit $1011 \frac{39}{51}$ die ganze Entfernung $= 51600$.

8. Auf gleiche Weise findet man einen gemeinschaftlichen Schwerpunct für die Sonne, und alle Planeten, welche sich um sie herbewegen. — Befänden sie sich alle in einer geraden Linie an der einen Seite der Sonne, so würde der gemeinschaftliche Schwerpunct für diese und jene, von der Sonnenoberfläche Achtzehntheile ihres Halbmessers entfernet sein. Um diesen Punct bewegen sich nicht nur alle Planeten, sondern auch die Sonne selbst.

* Nun haben wir alles vorausgeschickt, was erfodert wird, die Natur derjenigen Werkzeuge zu erklären, welche Maschinen, oder mechanische Kräfte genennet werden: also izt zur Mechanik.

III.



# III.

## Von der Bewegung fester Körper.

### (Mechanik.)

57.

Maschine (Machina, Potentia mechanica) heißt jedes Werkzeug, wodurch eine vortheilhafte Bewegung erhalten — d. i. wodurch ein Körper entweder in kürzerer Zeit, oder mit geringerer Kraft, als ohne dasselbe bewegt werden kann.

Die Wissenschaft von der Bewegung des Körpers durch Maschinen, heißt Mechanik.

58.

Unter den Maschinen unterscheidet man ganz einfache und zusammengesetzte; jene heissen wir Grundmaschinen: und zählen unter sie

1. den Hebel, und
2. die schiefe Ebene.

59.

Zusammengesetzte aus den Grundmaschinen sind:

1. Das Rad an der Welle (Achse,)
2. Die Rolle, der Kloben, Flaschenzug,
3. Der Keil, und
4. Die Schraube.

* Wir untersuchen die Kräfte dieser Werkzeuge, indem wir fragen: unter welchen Umständen die Kraft (Potentia) welche bewegt, mit der Last, (Widerstand Pondus) die bewegt wird, im Gleichgewichte stehen? denn weißt man, wie viel Kraft an einer Maschine zum Gleichgewichte erfoderlich ist, so leuchtet es ein, daß etwas mehr eine **Bewegung** bewirke.

60.

Der Hebel. (Vectis)

Ein langer, gerader, unbiegsamer zur Lastenhebung (Lastenbewegung) bestimm-

F ter,

ter, um den Punct, worauf er liegt, beweglicher Körper, ist ein Hebel.

* Hieher gehören die Hebbäume, der Geißfuß der Maurer, die Brechstange u. d. gl.

61.

An einem jedem Hebel unterscheidet man drei Dinge:

die Kraft = P

die Last = p

und den Punct, um welchen sich der Hebel bewegen kann, den Bewegungspunct (Centrum motus) welcher auf dem Ruhepunct (Unterlage — Stütze) aufliegt.

62.

Aus der möglichen Verwechslung der Stellung dieser drei Stücke gegeneinander, entstehen drei Hebelarten:

1. Ist der Ruhepunct (die Stütze) in der Mitte, so heißt der Hebel ein Hebel erster Art (primi generis) doppelarmichter, zweiseitiger (Vectis heterodromus). (Fig. 23. T. I.)

2. Ist das Mittlere die Last, so heißt er ein Hebel zweiter Art (secundi generis). Fig. 30. T. II.)

3.

3. Endlich dritter Art (tertii generis) ist der Hebel, wenn die Kraft sich in der Mitte befindet (Fig. 31. Taf. II.).

* In beiden letztern Fällen heißt der Hebel einarmichter, oder einseitiger Hebel (Vectis homodromus).

** Bei mechanischen Untersuchungen nimmt man Helbel an ohne Schwere, die vollkommen steif, und geradlinigt sind (mathematische Hebel) bei Anwendung der gefundenen Gesetze muß deßhalb die Schwere des Hebels, unvollkommene Steife rc. — (der physikalische Hebel) in Rechnung kommen.

63.

Theorem. An jedem Hebel ist alsdenn das Gleichgewicht, wenn das Product aus der senkrecht wirkenden Kraft in ihre Entfernung vom Ruhepuncte, dem Producte aus der Last in ihre Entfernung vom Ruhepuncte gleich ist. — Wenn $PD = pd$.

I. Sind die Kräfte (die Potenz und der Widerstand) gleich, so müssen im Gleichgewichte ihre Distanzen vom Ruhepuncte auch gleich sein, sonst ist $PD$ nicht $= pd$.

II. Sind die Kräfte ungleich, so müssen im Gleichgewichte sich die Entfernungen verkehrt wie die Kräfte verhalten, d. i. die geringere muß gerade um so viel weiter vom Ruhepuncte entfernet sein, als die entgegengesetzte grösser ist. $P : p = d : D$; denn in diesem Falle ist wieder $PD = pd$.

III. Es ist daher die Gewalt jeder Kraft, und jedes Widerstandes auf den Hebel desto grösser, je grösser ihre Entfernungen von dem Ruhepuncte sind.

* Diese Sätze werden auch durch Versuche bestätiget, und anschaulich gemacht.

** Das Gewicht oder die Kraft multiplizirt mit ihrer Entfernung vom Ruhepuncte nennt man Moment, im Gleichgewichte sind daher die Momente gleich.

IV. Im Gleichgewichte ist $P = \frac{pd}{D}$.

V. Ist $PD$ grösser als $pd$, so folgt die Bewegung mit dem Uebermaaß der Potenz $= PD - pd$.

VI. Da die Potenz vom Ruhepuncte immer mehr mag entfernet werden, so kann auch die Gewalt der Potenz fast ins Unendliche wachsen.

64.

Daraus die Erklärung

1. Des Ausspruches eines alten Philosophen: „gebt mir einen Punct außer der Erde, und ich will die Erde bewegen.“

2. Wie ein Kind mit einem Mann eine grosse Last tragen könne.

3. Warum die Scheere einen Körper leichter theile, wenn er näher an der Achse liegt, oder wenn die Handhebe grösser ist.

4. Wie es auf die Handgriffe ankomme beim Theilen der Körper durch ein Messer — beim Herausziehen eines Nagels durch Hilfe eines Hammers u. s. w.

65.

## Zusammengesetzter Hebel

Ist jener, indem allemal die Potenz mittels des vorhergehenden Hebels auf den nachstehenden also wirket, wie das Gewicht ist, mit dem die Potenz im vorhergehenden Hebel das Gleichgewicht hält (Fig. 32. T. II.).

I. In dem zusammengesetzen Hebel gelten alle Gesetze des einfachen; denn die Summe der einfachen macht in der Verbindung einen zusammengesetzten. — Mithin ist

II. P = dem Producte aus dem Gewichte und seiner Entfernungen auf einer Seite, getheilt durch das Product aller Entfernungen der Potenz auf der andern Seite (IV. vorherg. N.)

* Man mag auch die Kraft jedes Hebels insbesondere berechnen z. B. es sei die Last = 1; in der doppelten Entfernung bei a hält ihr die Potenz = $\frac{1}{2}$ das Gleichgewicht. Im zweiten Hebel ist dieses $\frac{1}{2}$ die Last: diese Last wird bei b im doppelten Abstande wieder von einer halb so grossen Kraft = $\frac{1}{4}$ im Gleichgewichte erhalten. Im dritten Hebel ist daher die Last nur mehr dieses $\frac{1}{4}$, und wird bei c im doppelten Abstande von einer halb so grossen Kraft = $\frac{1}{8}$ getragen. Im vierten He-

Hebel ist dieses $\frac{1}{8}$ die Last: wird daher im doppelten Abstande bei d von der halb so grossen Kraft = $\frac{1}{16}$ im Gleichgewichte erhalten... In einem zusammengesetzten Hebel also, an welchem die Potenz in doppelter Entfernung vom Ruhepuncte C wirket, hält die Kraft = 1 eine Last = 16.

** Beim gebrochenen Hebel, an dem der Zug schief geschieht unter dem Winkel b c m, sind die Perpendicularabstände als die eigentlichen zu betrachten, und da haben denn die obigen Gesetze statt (Fig. 33. T. II.).

*** Der Hebel ersterer Art ist eigentlich unsere gemeine Wage, da nun diese ein sehr brauchbar Werkzeug ist, so folgt hier noch ein Anhang

66.

## Von der Wage.

Die Wage ist eine Maschine, welche dient, das unbekannte Gewicht eines Körpers durch ein bekanntes zu bestimmen.

Eine gemeine Wage hat zwei gleiche Arme (Fig. 34. T. II.); da muß denn bei einer gemeinen Wage das Gewicht eines Körpers allemal dem Gegengewichte gleich sein, wenn sie

zum



zum Gleichgewichte kommen sollen: in diesem Falle bleibt der Wagbalken horizontal; im Gegentheile aber zeigt die Zunge (*) die Neigung der schwerern Seite.

(*) Das Stängchen b d, welches auf den beweglichen Balken vertical steht.

67.

Es giebt aber Wagen, woran entweder das Gegengewicht, oder die Unterlage verschoben werden kann (Fig. 35. T. II.): diese heißen wir römische Wagen, Schnellwagen (Statera romana). Mit einer Wage dieser Art kann man, wie es einleuchtet, mit einerlei Gegengewicht verschiedene Gewichte abwägen — diese geben grossen Nutzen bei Abwägung grosser Lasten.

* Bei der gewöhnlichen Wage (Kramerwage) ist zu verhüten, daß sie nicht bei der Gleichheit der Gewichte, auch außer der horizontalen Lage ruhen — und daß sie nicht bei der geringsten Ungleichheit der Gewichte gänzlich überschlagen: man begegnet diesen Unbequemlichkeiten dadurch, daß man den Bewegungspunct a (Fig. 34.) über den Schwerpunct c annimmt. — Versuche bestätigen dieß.

68.

68.

Die Vollkommenheit und die Mängel der Wagen.

Die Vollkommenheit der Wage fodert:

1. die genaueste Gleichheit der Arme, und

2. eine grosse Empfindlichkeit, oder möglichst leichte Bewegung... Dieß letztere wird erhalten

a. durch die Leichtigkeit der Balken,

b. durch eine nicht zu grosse Länge der Balken,

c. durch die Zuschärfung der Kanten an der Achse (Fig. 36. T. II.), und an dem Aufhängspunct der Schaalen.

d. durch die Stellung des Ruhepuncts über den Schwerpunct.

* Die Empfindlichkeit muß besonders bei Gold- und Probirwagen groß sein, so daß sie bei einem Gran Uebergewicht einen Ausschlag geben. — Bei gemeinen Kramerwagen ist eine solche Empfindlichkeit nicht nur überflüssig sondern sogar beschwerlich.

** Wir zeigen gut eingerichtete Wagen vor, und machen practisch auf die angezeigten erfoderlichen Stücke aufmerksam. — Machen auch Versuche mit Leupolds Universalwage.

69.

69.

Die Habsucht hat allerlei falsche Wagen ersonnen; man hat den Balken hohl gemacht, und eine Portion Quecksilber darein gethan; man hat die Arme ungleichlang, und die Schaalen ungleichschwer verfertiget — und die schwerere an dem kürzern, die leichtere aber an dem längern Arme aufgehängt u. d. gl. Im letzten Falle, der gewöhnlicher ist, wird der Betrug entdeckt, wenn man die Schaalen verwechselt; im ersten, wenn man das Gewicht vor den abzuwägenden Körper in die Schaale legen läßt 2c. 2c.

Bei der Schnellwage sind die Betrüge noch leichter — die guten Schnellwagen fodern die genaueste Eintheilung des längern Balkens p, woran der Laufer B C (Fig. 35.) (Cursor) sich bewegt, in gleiche Theile — eine scharfe Kante über den ganzen längern Arm hin der Ring, woran der Laufer [das Gewicht] hängt, soll wenigstens zugeschärft sein) — gleiches Gewicht beider Aerme des kürzern und des längern 2c.

* Es giebt Wagen, wobei eine Stahlfeder durch den Grad der Zusammendrückung das angehängte Gewicht anzeigt; sie heißen Feder-

derwagen, librae elasticae. Solche Wagen sind bequem aber wenig zuverlässig: ihre Wirkung ist nach den Gesetzen der Federkraft zu bestimmen.

** Man hat zur Bestimmmung der Grössen von Gewichtern ein Pfund angenommen; die Pfunde sind aber in verschiedenen Orten sehr verschieden. Das Pfund wird in 32 Loth, und das Loth in 4 Quentchen eingetheilt. — Das deutsche Apotheckergewicht, welches in der Physik gewöhnlich vorkommt, wird nach Unzen, Drachmen, Skrupeln und Granen bestimmt. Zwölf Unzen machen ein Pfund; die Unze hält acht Drachmen: die Drachme wird in drei Skrupel, und der Skrupel in zwanzig Gran getheilt.

## 70.

## Die Rolle. (Trochlea)

1. Eine Scheibe, die in der Mitte durchgebohrt ist, und eine solche Achse hat, daß sich diese mit der Scheibe nicht zugleich drehet, heißt eine Rolle (Fig. 37. T. II.).

2. Der äußerste Umfang der Rolle hat einen Einschnitt, in dem ein Seil lauft, an dessen einem Ende die Last p, am andern die Kraft P angebracht wird.

3. Die Achse heißt der **Polzen.**

**Erfahrungen.** 1. Wenn das Seil von unten um die Scheibe geht, und mit dem Ende an einem Nagel H befestigt ist, (Fig. 38. T. II.) das andere aber von der Kraft senkrecht aufwärts gezogen wird, so ist im Gleichgewichte die vom Mittelpuncte der Scheibe herunterhangende **Last**, noch so groß, als die **Kraft.**

2. Geht aber das Seil von oben herum um die Rolle, (Fig. 37.) so ist im Gleichgewichte die Last der Kraft gleich, die Kraft mag senkrecht, oder schief angebracht sein.

I. Nemlich eine Rolle, welche sich um eine fest gemachte Achse dreht, ist ein doppelter und gleicharmigter Hebel; bei beweglicher Rolle also haben **Potenz** und **Last** gleiche Entfernungen vom Ruhepunct, folglich muß im Gleichgewichte die Kraft so groß sein, als die Last.

II. Die Rolle aber, welche mit ihrer Achse in Bewegung ist, ist ein einarmigter Hebel der zweiten Art, wobei C der **Ruhepunct**, in der Mitte die Last p, und bei a die **Kraft**

P

P angebracht ist: die Potenz ist daher noch so weit vom Hipomochlion entfernt; steht also mit einer noch so grossen Last im Gleichgewichte. —

II. Die Rolle also, welche sich nicht samt dem Polzen bewegt (Fig 37.), ist eigentlich eine Leitscheibe zur bequemen Bewegung: die Rolle der zweiten Art (Fig. 38.) verschaft mehr Vortheile.

71.

Um mehrere Rollen zu vereinigen, faßt man sie in Kloben (Fig. 39. 40. K K T. II.) ein, und zwei Kloben machen einen Flaschenzug (Polyspastus) verschiedene auf diese Weise miteinander verbundene Rollen bilden einen zusammengesetzten Hebel. —

I. Im Flaschenzuge hat das allgemeine Gesetz des Verhältnisses der Kräfte, wie die Entfernung vom Ruhepuncte statt.

II. Werden daher die Seile parallel angenommen, so verhält sich die Kraft zur Last, wie 1 zur doppelten Anzahl der untern Rollen (denn nur diese sind beweglich) — oder um die Kraft zu finden, muß man die Last durch

die

die dopelte Anzahl der Rollen des untern Klobens dividiren; denn werden mehrere Rollen miteinander verbunden, so wird die Potenz vom Ruhepuncte immer um zwei weiter entfernt: es wächst daher der Potenz so viel Vortheil zu, als groß die doppelte Zahl der untern Rollen ist: mithin $P = \frac{p}{2N}$.

* Dieß gilt nur in den Fällen, wo die Schnur am obern Kloben (Fig. 39.) der unbeweglich ist, angemacht worden; nicht aber, wenn sie an den untern fest sitzt wie Fig. 40. Man müßte nur den Hacken, an welchen sie angeknüpft wird, für eine halbe Rolle bei der Rechnung gelten lassen. — Man dividirt daher richtiger die Last p durch die Anzahl der Stricke N, an welchen der untere Kloben hängt, um die Potenz zu finden: mithin $P = \frac{p}{N}$.

** Werden die Rollen so zusammengesetzt, daß jede Rolle einen festgebundenen Strick hat (Fig. 41.) so hat dieser Kloben noch einmal so viel Kraft, als der vorige. Der Kloben von 4 Rollen verstärkt die Kraft 16mal das heißt: der Last = 1 hält eine Kraft = $\frac{1}{16}$ das Gleichgewicht; denn diese Maschine ist nichts anders als ein zusammen-

ge-

gesetzter Hebel: es gilt daher alles, was wir (65. *) sagten: nemlich die Last p = 1 wird bei a von einer halb so grossen Kraft getragen (70. Erf. 1.); mithin von einer Kraft = $\frac{1}{2}$: für die zweite Rolle, von unten herauf gerechnet, ist demnach die Last nur mehr = $\frac{1}{2}$. Diese Last wird bei b wieder von einer halb so grossen Kraft = $\frac{1}{4}$ getragen, und so ist denn die Last für die dritte Rolle noch = $\frac{1}{4}$: diese wird bei c wieder mit einer halb so grossen Kraft = $\frac{1}{8}$ im Gleichgewichte erhalten: mithin ist die Last für die vierte Rolle = $\frac{1}{8}$, und wird folglich mit einer halb so grossen Kraft = $\frac{1}{16}$ das Gleichgewicht haben. W. z. e. w.

72.

## Rad an der Welle. (Axis in peritrochio)

Ein **Rad** ist eine um ihren Mittelpunct bewegliche Rolle, derer Umfang unausgehöhlt ist, und zur Erhaltung der ihm mitgetheilten Bewegung mit verminderter Reibung dient. — Hier gilt **Rad** für den Ausdruck: Scheibe, welche mit dem Rad eine Aehnlichkeit hat. Geht mitten durch das Rad oder die Scheibe MONP ein **Cilinder** AB (Fig. 42. u. 43. Taf. II.) so heißt dieser die **Welle** (Achse) das **Rad** samt der **Welle**, welche an beiden Enden o, h mit ih-

ihren Zapfen auf den Zapfenlagern ruhet, heißt das **Rad am Wellbaume, Radwinde.**

Die Scheibe oder das Rad leidet allerlei Aenderungen, so, daß auch die **Haspel, Kreuzhaspel** (Sucula) die **Erdwinde**, oder **Göpel** (Ergata) der **Hornhaspel** mit der Kurbel, der **Radhaspel** ꝛc. welcher eine auf dem Umfange mit Zapfen und Hörnern versehene Scheibe hat, hieher gehören.

73.

Die Kraft P wird an dem **Rade** oder an einem Stral desselben b (Fig. 42.), und die **Last** p am **Wellbaume** vermittelst eines Seils angebracht. Die Kraft wirkt wieder auf verschiedene Weise z. B. durch **Treten**, (**Treträder**) durch den Stoß des Wassers an Schaufeln (Palmulae) wodurch **oberschlächtige**, und **unterschlächtige** Wasserräder (Rotae directae, retrogadae) entstehen u. s. w.

* Durch Hebel lassen sich die Lasten zwar sehr leicht; aber nur auf geringe Höhen bewegen; dieser Unbequemlichkeit hilft diese angeführte Maschinen ab — sie ist auch bei großen Gebäuden, bei der Schiffart u. a. ein unentbehrlich Rüstzeug.

zeug. — Zur bessern Erläuterung zeigen wir die Maschinen in Modellen vor rc.

74.

## Hauptsatz.

Das Rad an der Welle ist **ein ungleicharmigter Hebel**: es gelten daher auch bei dieser Maschine die Gesetze des Hebels; und die Potenz gewinnt mehr oder weniger, je nachdem der Stral des Rades b d den Stral der Welle m n, mehr oder weniger übertrift. — Nemlich, wenn die Richtung der **Kraft** und der **Last** in Ebenen liegen, die auf der Welle **senkrecht** stehen, und zugleich **Tangenten** vom Umfange der Welle und des Rades sind; so **verhält sich die Kraft zur Last, wie der Halbmesser** (Radius) der Welle, zum Halbmesser des Rades.

* Dieß Verhältniß bleibt immer, die Welle mag **senkrecht** stehen (Fig. 42.); oder horizontal liegen (Fig. 43.)

** Die **Winde der Fuhrleute**, bei der man ein Getriebe mittels einer Kurbel umtreibt, welches in eine gezähnte Stange eingreift, dieselbe hebt, und dadurch die Achse eines Wagenrads, unter welches die Winde gestemmt wird, in die Höhe bringet... Das Getriebe

ist die Welle; die Kurbel stellt das Rad vor. Und da wird dann dabei die Kraft in dem Verhältniß verstärkt, in welchem sich der Halbmesser des Getriebes und die Länge der Kurbel befindet. Setzen wir die Kurbel 10mal so lang als das Getriebe, so kann die Winde mit 1 Zentner 10 Zentner Last tragen.

75.

Wenn sich Räder, die nicht an einer Welle sind, zugleich bewegen sollen, so müssen die Erhöhungen des einen, in die Vertiefungen des andern eingreifen (Fig. 43. T. II.): die Erhöhungen heißen dann Zähne oder Kämme.

Sind die Zähne in der Peripherie des Rades nach der Richtung des Halbmessers, so heißt es ein Sternrad — Stirnrad; stehen aber die Zähne auf der Ebene des Rades senkrecht, so nennt man es ein Kammrad, Kronrad.

Das kleinere Rad D (Fig. 43.), in welches gemeiniglich ein grösseres C eingreift, heißt ein Getriebe, und ist bald ein Trilling mit Triebstecken bald ein Rumpf. — Vorgezeigte Modelle geben handgreifliche Erläuterung.

76.

76.

Die Grösse der Kraft an einem Räderwerke findet man unter den vorher angegebenen Bedingungen, ( 71. ) wenn man die Kraft sucht, welche zum Gleichgewichte mit der Last erforderlich ist; solche als eine am zweiten Rade angebrachte Last ansieht, und die Kraft, welche solcher gleichet, suchet — und so die Berechnung für jedes Rad, und jedes Getrieb fortsetzet — oder man multiplicirt die Last mit dem Producte aus den Halbmessern der Wellen, und dividirt dieses Product mit dem Producte aus den Halbmessern der Räder: welches mit (65. II.) übereinkommt.

77.

## Die schiefliegende Kräfte.

### Hauptsätze.

1. Ist eine Last über eine schiefe Ebene zu bewegen, und ist die Richtung der Kraft der schiefen Ebene parallel z. B. bei der Bewegung eines Wagens bergan; — denn in diesem Falle ist nur die respective Gewalt zu überwinden; — und diese hat eben dieß Verhältniß (15.). Bei-

spiel an der sogenannten Leiter, durch derer Hilfe man bequem grosse Lasten auf Wägen, Schiffe aufladt — und davon abladt.

2. Wirkt aber die Kraft mit einer Richtung, welche der Basis parallel ist, so muß sich zur Erhaltung des Gleichgewichtes die Kraft zur Last verhalten, wie die Höhe zur Grundlinie. —

Ich berufe mich auf die Erfahrung. Es sei A (Fig. 15. Tab. I.) durch eine der Basis parallelen Kraft DE zu bewegen: mn mache, daß A nur eine Bewegung nach der Richtung nm annehme, während daß die schiefe Ebene CA unter denselben hineingetrieben wird. Nun zeigt der Augenschein beim Versuche, den wir mit einem eigenen dazu gemachten Werkzeuge machen, daß der Körper A um so viel leichter zu bewegen, je kleiner die Höhe AB in Vergleich mit der Basis CB ist. — — Die Anwendung davon haben wir am Keil, und an der Schraube.

## 78.

## Der Keil. (Cuneus)

Ist ein aus schiefen Flächen zusammengesetztes, hauptsächlich zum Trennen dienliches Werkzeug.

Jeder Körper also, der aus einer breiten Grundfläche besteht, allmählig abnimmt, und sich in eine Schneide, oder Schärfe endigt, ist ein Keil.

Ein einfacher Keil besteht aus einem dreieckigten Prisma, dessen Seiten ein rechtwinkliches Dreieck bilden; — Zwei der Länge nach, vereinigte einfache, machen einen doppelten aus, der auch der üblichste ist. Z. B. der Keil zum Holzspalten, unsere Axten rc. rc.

## 79.

## Hauptsatz.

Der Keil ist eine schiefe Fläche, mit der die Richtung der Gewalt, wodurch sie bewegt wird, mit der Grundlinie parallel läuft. Es findet daher das Gesetz der schiefen Fläche (77. 2.) statt; um das Gleichgewicht zu bekommen, muß sich die

die Kraft zur Last verhalten, wie die Höhe zur Grundlinie.

1. Je spitziger der Keil, desto kräftiger ist er.

* Die Kraft des doppelten Keils, der zum Holzklieben gebraucht wird, läßt sich wegen der Ungleichheit des Holzes nicht genau berechnen. Nehmen wir aber an, die Kraft des Zusammenhanges in dem Holz ABCD (Fig. 44. T. II.) sei durchaus gleich; indem nun der Keil die Theile des Holzes AF und BG voneinander treibt, so verhält sich die Kraft des Keils zu dem Widerstand in dem Holze, wie die Höhe des Keils aH zu seiner Basis Ac.

** Nach diesen Gründen muß die Wirkung einer Menge keilartiger Werkzeuge z. B. der Messer, Grabstichel rc. geschätzt werden.

80.

## Die Schraube. (Cochlea)

1. Ist ein Cilinder, um welchen eine schiefe Fläche herumliegt.

2. Der Theil, an dem die Gänge, oder die Gewinde (helices) an der Fläche erhaben sind, heißt die Schraube, Spindel, (Cochlea

lea mas) z. B. CD (Fig. 45. T. II.); der andere Theil aber, woran die Gänge in der innern Fläche eines ausgehöhlten Cilinders sind, heißt die **Mutter** z. B. AB (Cochlea Femina).

3. Entweder wird die Mutter an der ruhenden Schraube, oder die Schraube an der ruhenden Mutter bewegt.

4. Sowohl in der Spindel, als an der Schraubenmutter muß die geneigte Ebene den nemlichen Winkel haben; sonst könnten die Schraubengänge nicht in einander passen.

Hauptsatz. Wenn die Potenz durch Hilfe einer Schraube die Last trägt, so wird eine solche Kraft erfodert, welche sich zur Last verhält, als wie die Weite zweier Gänge zur Peripherie der Schraube. — **Beweis:** die Potenz wirkt in diesem Falle der Basis parallel, wie es aus der Weise die Schraube zu bewegen erhellet. Die **Peripherie** der Spindel drückt die Basis der um die Spindel herumgelegten schiefen **Ebene**; die Entfernung zweier Gänge aber die Höhe derselben aus. —

Da nun die Neigung, die Höhe und die Länge der schiefen Ebene unverändert bleibt, ob

sie

sie gerad daliegt, oder um eine Spindel herum-gelegt ist: so wird bei der Schraube eben jene Kraft erfodert, um dem Widerstand das Gleichgewicht zu halten, welche erfodert wird bei der schiefen Ebene. — Bei der schiefen Ebene aber ist die Kraft, welche der Basis parallel wirket, alswie die Höhe zur Grundlinie: also ist auch bei der Schraube die Kraft zur Last wie die Höhe (die Entfernung zweier Gänge) zur Grundlinie (zur Peripherie der Spindel) W. z. w.

I. Je kleiner also die Schraubengänge, desto kleiner darf die Kraft sein, um den Widerstand zu bewegen.

* Man kann die an der Schraube angemachten Stäbe u. d. gl. — z. B. cB, cA (Fig. 45. T. II.) als Hebel, und so die Schraube als eine aus schiefen Ebenen und Hebeln zusammengesetzte Maschine ansehen; c ist der Ruhepunct; bei b ist die Last bei A die Kraft. — Je länger bA desto grösser ist die Kraft.

** Die Schrauben, welche nieder- und zusammendrücken, geben die **Pressen**; jene, welche Lasten in die Höhe heben, die **Werk-** oder **Hebschrauben** u. s. w.

*** **Schaufeln, Bohrer, Gabeln, Sägen, Feilen u. d. gl. sind Keilmaschinen, deren**

Wir-

Wirkung nach den angeführten Gesetzen zu schätzen.

81.

Greift die Schraube in ein Sternrad, so heißt sie Schraube ohne Ende (Cochlea infinita, perpetua) (Fig. 43. T. II.) die Bewegung dieser Maschine ist sehr langsam; denn wenn man die Schraube mittels einer Kurbel b d einmal herumbewegt, so wird das Rad nur um Einen Zahn fortgeschoben.

Sie folgt den obenangeführten Gesetzen, und dient bei Bewegung grosser Lasten, und dort wo nur eine lansame Bewegung erfodert wird.

* Was nun die weitere Zusammensetzung der Maschinen betrift, so ist dieselbe eben so verschieden, als ihre Bauart mannichfaltig ist. Indeß findet man in allen zusammengesetzten Maschinen das Rad an einer Achse, den Hebel, und die Schraube wie z. B. in **Uhrwerken, Brattenwendern, Mühlen** u. s. w. Die Theorie von Uhren findet man ausführlich behandelt in Philosophia britanica I. Th. von Wilke übersetzt. Leipzig 1772 — S. 222.

** Ueberhaupt verliert man bei Maschinen an der Geschwindigkeit, was man an der Kraft ge-

gewinnt. Aus der Erfahrung weiß man, daß eine Maschine alsdenn ihre größte Wirkungen thue, und ihrer Vollkommenheit am nächsten sei, wenn sie die Wirkung mit 4 Neuntheilen derjenigen Kraft leistet, welche vermögend ist, sie genau im Gleichgewichte zu erhalten. — Die Wirkungen würden grösser sein, wenn es keine Hindernisse der Bewegung gäbe z. B. wenn unsere Hebel vollkommen unbiegsam, unsere Körper, die wir zu Maschinen anwenden, vollkommen hart, glatt ꝛc. wären, wenn die Stricke, die wir brauchen, vollkommene Flexilität besässen — die Luft nicht widerstünde u. s. w. — Hier nur

82.

## Von der Reibung (Adfrictus) oder von dem Widerstande, den ein Körper zu überwinden hat, wenn er sich über einen andern hin bewegt.

Bei Bestimmung der Grösse der Reibung, welche eine grössere Kraft nöthig macht, als ohne sie zur Bewegung einer Last erforderlich wäre, hängt es ab:

1. Von der Grösse, Figur, Härte, und Menge der hervorstehenden Theile der Körper, die sich über einander bewegen.

2.

2. Von dem Gewichte des Körpers, der bewegt werden soll, weil ein mehr gewichtiger seine Erhöhungen in die Vertiefungen des andern tiefer einsenkt. — Obschon er auch manchmal viele Theile quetscht, so leidet dadurch die Bewegung dennoch eine Hemmung.

3. Von der Oberfläche des zu bewegenden Körpers; denn mit ihr wächst auch die Zahl der Theile, die der Bewegung hinderlich sind.

4. Bei der Rolle, und beim Rade an der Achse von der Unbiegsamkeit der Stricke, welche um so viel mehrer wächst, als dicker, und gespannter dieselben sind.

U. s. w.

83.

Aber da alle diese Umstände nicht wohl in Rechnung zu bringen sind, fehlen uns noch die Regeln, welche die allgemeine Gesetze der Friction ausdrücken. Denn wer kann wohl

1. Die Ungleichheit jeder Körperoberfläche bestimmen?

2. Wer die Menge der Theile zählen, welche umgebogen — welche abgestossen — welche übersprungen werden müssen?

3. Wer die Härte der zubrechenden Theile u. s. w. in Rechnung bringen? —

84.

Indeß waren dennoch immer einige Naturforscher, die sich bemüheten durch Versuche, die sie sehr mühsam und sorgfältig anstellten, ein allgemeines Gesetz zu bestimmen: ich nenne nur den sehr geschickten Experimentator von Muschenbröck; allein dieser Naturforscher konnte nicht einmal ein Verhältniß des Gewichtes mit der Grösse des Reibens entdecken (Inst. phys. Cap. I. de Adtritu.). Man mag daraus den Werth des Tribometers und der Frictionsmaschinen beurtheilen. — —

* Das Tribometer des Muschenbröcks besteht aus einer vier Zoll dicken hölzernen Welle AB (Fig. 53. T. II.) mit einer durchgesteckten stählernen Achse dg, die bei d und g $\frac{1}{4}$ Zoll, bei c u. f $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hat, und mit der Welle drei Pfund wiegt. Man kann das Ganze auf ein Gestell bringen, wobei die Zapfen in Lager von verschie-

schiedenen Materien z. B. Stahl, Kupfer, Zinn, Quajakholz u. s. w. eingelegt werden können, welche Lager so wie die Zapfen selbst, sehr wohl polirt sind. Um die Welle ist eine Schnur geschlagen, woran an beiden Seiten gleiche Gewichte P und p hangen, um den Druck gegen die Zapfenlager nach Belieben zu vergrössern. Auf einer Seite hängt an einer sehr feinen Schnur die Schaale Q, um darein das Uebergewicht zu legen, welches das Reiben überwinden und die Winde dreyen muß. — Von den angestellten Versuchen

85.

## Einige gewisse Resultate.

1. Die Körper reiben sich an **gleichartigen** Theilen gemeiniglich mehr, als an andern — Metalle und Hölzer am stärksten auf Metallen und Hölzern der nemlichen Gattung.

2. Der Stahl reibt sich am wenigsten auf Messing, stärker auf Blei, noch stärker auf Kupfer, noch mehr auf Stahl, am stärksten auf Zinn.

3. Das Holz reibt sich weniger, wenn es nach der Länge der Fibern bewegt wird, als über die Quere. —

Woraus sich ergeben:

86.

## 86.

## Die Mittel gegen die Hindernisse des Reibens.

1. Man lasse nur solche Körper sich übereinander bewegen, von denen wir aus Erfahrung wissen, daß sie sich am **mindesten** reiben, z. B. Messing auf Stahl rc.

2. Man vermindere die **Berührungspuncte** so viel möglich. Z. B. am Pendul einer Uhr, an den Zapfen einer Klocke rc.

3. Man lasse die Körper, welche sich übereinander hinbewegen, drehen wälzen, wie die Räder am Wagen rc.

4. Man suche durch dazwischengebrachtes Fett, oder andere glattmachende Materien, welche die Vertiefungen ausfüllen, den Widerstand der Reibung zu ve.mindern. Z. B. durch das Einschmieren der Wagenachsen, eines Uhrwerkes rc.

* Doch verträgt Holz auf Holz, Messing auf Messing gar keine Fette.

5. Man gebe der Bewegung die möglich vortheilhaftste Richtung. Z B. den Walzen, die über ein Holz sich drehen sollen ꝛc.

* Blos daraus, was wir eben von der Reibung, oben aber von dem Widerstande der Luft, und von den Aenderungen, welche die Witterung, Wärme und Kälte in den bewegten Körpern ꝛc. hervorbringen, gesagt haben, läßt sich schon ein Urtheil fällen über den vergeblichen Versuch, eine Maschine von immerwährender Bewegung (Mobile perpetuum) zu verfertigen. —

** Ich sagte eben, man lasse einen Körper sich drehen, wenn er sich über einen andern bewegt; denn die Reibung wird dadurch gar sehr vermindert, daß sich der bewegte Körper, der über einen andern hingeht, um seine Achse drehe, aus diesem Grunde: Es sei AB (Fig. 46. T. II.) der Durchschnitt eines schweren Körpers, welcher auf einem Rade EF, und dieser ferner auf der Ebene CD liege. Der Körper AB werde durch die Kraft P gezogen; es ist klar, daß wenn der Körper AB gegen die hervorragende Theilchen des Rades gezogen wird, so weichen diese aus, und verursachen keinen Widerstand: mithin giebt der perpendiculäre Durchmesser ab nach, und kommt in die Lage ef, und cd tritt an seine Stelle: auf diese Weise werden die hervorragenden Theile nicht abgestossen, weder gebogen, noch übersprungen (wenigst nicht in solcher Menge, wie

bei

bei der Bewegung ohne Rad) sie bewegen sich nur herunterwärts, und wieder in die Höhe. — Daraus

87.

## Die Theorie der Räder oder die Grundsätze, worauf das Fuhrwerk beruhet.

I. Unter allen bewegten Körpern leidet jener die geringste Reibung, welcher mit Rädern versehen ist.

II. Das Fuhrwerk geht allemal desto leichter, je höher die Räder sind, denn diese drehen sich nicht so oft um ihre Achse, als die niedern, und leiden deßhalb weniger Widerstand, als jene.

III. Eben darum wird ein Wagen auch leichter gezogen, der mit 4 grossen Rädern versehen ist, die gleich hoch sind, als wenn 2 derselben kleiner sind.

IV. Werden aber die Räder ungleich gemacht, des leichten Umwendens willen z. B. bei Kutschen, so kann die Last leichter fortgezogen werden, wenn man sie auf die Achse der grössern Räder lädt.

* Die-

* Diese Sätze werden durch Versuche, die man mit kleinen Wägelein, und darangehängten Gewichten macht, bestätigt.

** Auf Schlütten lassen sich große Lasten mit wenig Kraft fortbringen — eben wegen Abgang der Reibung auf glatter Bahn.

*** Das Sperren der Wagen, die bergab fahfahren, ist nichts als eine Veranstaltung der grössern Reibung 2c.

## IV.

## Von dem

# Gleichgewichte tropfbarer Flüssigen.

## (Hydrostatik.)

88.

Die Lehre vom Drucke, und Gleichgewichte flüssiger Körper, heißt Hydrostatik.

* Der Name bedeutet eigentlich die Statik des Wassers; aber hier wird er für alle Flüssige genommen.

Man kann das Gleichgewicht flüssiger Wesen

1. unter sich selbst, und

2. der flüssigen mit festen Körpern untereinander betrachten: mithin bringen wir das

Lehrreichste dieser Materie unter diese 2 Rubriken.

1. Vom Gleichgewichte flüssiger Körper unter sich selbst; und

2. Vom Gleichgewichte flüssiger Körper mit festen, die sich in ihnen befinden.

I.

## Vom Gleichgewichte flüssiger Körper unter sich selbst.

89.

I. Die Theilchen flüssiger Wesen z. B. 1, 2, 3, 4, ꝛc. welche senkrecht übereinander liegen (Fig. 46. Tab. II.) werden nicht nur unterwärts durch ihre eigene Schwere getrieben, sondern auch durch das Gewicht der Theilchen, die über denselben liegen.

Es ist daher der Druck, den die Theile eines flüssigen Körpers am Boden eines Gefässes oder in einem Horizontalschnitte leiden, immer im Verhältniß der Höhe (vorausgesetzt, daß die Flüssigen unter gleichen Inbegriffen gleiche Schweren haben).

90.

90.

II. Hat das Gefäß eine Neigung auf den Horizon, und liegen deßwegen die Theile des Flüssigen nicht senkrecht über der Basis, oder einem Horizontalschnitte, wie z. B. AB (Fig. 49.) so ist der Druck der Flüssigen, wie die **respective Gewalt** der Körper auf schiefen Ebenen — mithin abermal **wie die Höhe** (77. 1.).

Es ist also das Gesetz allgemein wahr. **Der Druck flüssiger Wesen ist auf einen gegebenen Horizontalschnitt, wie die Perpendicularhöhe.**

* Es sei die Grundfläche eines Gefässes 3 Quadratzoll; die Höhe 6 Zoll; so ist der Cubikinhalt 18 Cubikzoll und der Boden trägt das volle Gewicht = 18 Cubikzoll Wasser, welches, den Cubikzoll zu 1 $\frac{1}{3}$ Loth gerechnet, einen Druck von 24 Loth giebt.

** Sind die Flüssigen, die man vergleicht, von verschiedener Dichtigkeit, so muß die specifische Schwere des dichtern mit in Rechnung kommen.

91.

III. **Der Druck flüssiger Wesen ist in einer gegebenen Höhe (oder Tiefe) aufwärts eben**



so stark, als abwärts. Es sei in dem Gefäß ABDC (Fig. 46.) die Höhe EF eine Säule von mehrern Wassertheilchen: es ist klar, daß das oberste Theilchen 1 das folgende 2 nur mit seinem Gewichte drücke, welches Gewicht ebenfalls = 1 ist; das Theilchen 2 ist unbeweglich, und seine Gegenwirkung allemal der Wirkung gleich; mithin wirkt das Theilchen 2 dem Theilchen 1 eben so stark entgegen = 1; das nemliche gilt vom Theilchen 2, welches auf das Theilchen 3 = 2 drückt; und das Theilchen 3 hinwieder mit der nemlichen Stärke = 3 gegen das Theilchen 2, u. s. w.

92.

IV. Der Druck flüssiger ruhiger Wesen ist in gleicher Tiefe nach allen Seiten gleich. Denn wenn ein Theilchen an der einen Seite mehr gedrückt würde, als an der andern, so müßte es da dem stärkern Drucke nachgeben, und weichen, so lange, bis der Druck von allen Seiten her gleich würde. — Dieß könnte ohne Bewegung der Theilchen nicht geschehen; und mithin wären die flüssigen Wesen nie in Ruhe, das doch gegen die Erfahrung ist: also hat das angeführte Gesetz statt.

* Wir

* Wir sehen hieraus den grossen **Unterschied** zwischen der Wirkung der **flüssigen** und festen **Körper**, und die Abweichung der hydrostatischen Sätze von den Regeln der Geostatik. Die Wirkung fester Körper geschieht nur nach ihrer Schwere; die **flüssigen** wirken mit ihrer **Schwere**, und mit ihrem **Drucke** nach allen Seiten zugleich.

## 93.

V. Die Oberflächen aller Flüssigen sind **horizontal**, wenn sie sich im Gleichgewichte (in Ruhe) befinden: dieß folgt aus dem vorigen; denn sonst wären Erhöhungen, und Vertiefungen vorhanden, mithin würde die Ruhe unmöglich sein.

* Die **wahre** Horizontallinie ist eine krumme Linie (Empir. Theil. 113. 4. *): die Gestalt der Oberfläche aller flüssigen Wesen ist daher **eigentlich kugelförmig**. Im grossen Weltmeere wird diese Kugelgestalt merklich: die Schiffe, welche von den Küsten segeln, verlieren sich nach und nach aus dem Gesichte, und zwar verschwinden die niedern Theile zuerst; hierauf der untere Theil des Mastes, und endlich die Spitze derselben. —

94.

VI. Der Druck flüssiger Wesen richtet sich nicht allgemein nach der Menge der Theilchen; sondern immer nach der Höhe. Dieser Satz lautet paradox; allein seine Richtigkeit erhellet ganz klar aus dem, daß der Druck der Theilchen flüssiger Wesen in gleichen Tiefen allerwärts gleich ist. — Woraus ferners:

95.

VII. Ein ganz kleiner Theil des Flüssigen z. B. bedf (Fig. 48. T. II.) kann dem Gewichte einer grossen Quantität ABCD das Gleichgewicht halten. — Die Theile bei a leiden von bedf den nemlichen Druck, welchen sie leiden von ABCD: also ꝛc.

* Die Gefässe xpfd und MNCD (Fig. 48. T. II.) sind communicirende Gefässe oder Röhren, tubi communicantes d. i. solche, welche miteinander entweder unmittelbar oder durch ein gemeinschaftliches Behältniß so verbunden sind, daß das Flüssige ungehindert aus einer in die andere treten kann. — Gestalt, Weite Grösse, Lage der Röhren, ändern in der Sache nichts (Fig. 47.). — — Der vorhergehende Satz läßt sich daher auch also ausdrücken. In einer

ge=

gegebenen Röhre von zweien Schenkeln, deren einer so weit sein mag, als man will, und der andere so eng als man will (nur sei keiner eine Haarröhre) steht das Flüssige in der engern Röhre eben so hoch als in der weitern. — Daher hält dann ein Pfund Wasser in der Röhre x f mit 16 Pfund in dem Rohr M N C D das Gleichgewicht. — Wenn demnach in der Röhre M N C D das Wasser um 1 Zoll steigen sollte, so müßte es in der Röhre x f 16 Zolle fallen, weil eben so viel Wasser fallen muß, als in der weiten Röhre aufsteigt. — Es verhält sich daher, wenn das Wasser im engen Schenkel als Kraft, das im weitern als Last betrachtet wird, bei wirklicher Bewegung der Kraft zum Wege der Last, wie die Last zur Kraft im Falle des Gleichgewichtes. — Sieh da die Uebereinstimmung dieses Gesetzes mit dem mechanischen Grundsatze, daß am Raume oder an der Geschwindigkeit der Last allemal eben so viel verloren geht, als man an Kraft gewinnet! (81. **).

96.

VIII. Die Gefässe mögen einförmig (vniformia) (Fig. 46.) oder nicht einförmig sein (difformia); sie mögen eine Figur haben, welche sie wollen; ihre Seiten mögen oben auseinander gehen (Vasa diuergentia) (Fig. 49.)

oder

oder näher zusammenkommen (Fig. 50.); sie mögen Krümmungen oder Neigungen haben (Fig. 47.) so ist der Druck auf die Basis immer gleich, wenn in ihnen das Flüssige in gleicher Höhe steht, und sie gleiche Grundflächen haben.

* So läßt sich auch durch Versuche darthun, daß die gleich hohe Gefässe A, B, C, (Fig. 46. 49. 50.) wenn sie einen beweglichen Boden haben, an Wagbalken gehängt, einander das Gleichgewicht halten.

97.

IX. Sind die Flüssigen in Gefässen, die miteinander durch Röhren, oder Kanäle in Verbindung stehen, von einerlei Dichtigkeit, oder specifischen Schwere; so haben die Flüssigen im Gleichgewichte gleiche Höhen; ist aber die Dichtigkeit oder specifische Schwere des einen, von jener des andern verschieden; so erfolgt das Gleichgewicht nur alsdenn, wenn die Höhen mit den Schweren eine verkehrte Proportion haben — denn nur in diesem Falle ist an jener Stelle, wo sie zusammenfließen, Druck und Gegendruck gleich... Z. B. bringt man in eine Röhre Quecksilber, und in eine andere, mit

der

der jene in Verbindung ist, Wasser; so muß im Gleichgewichte das Wasser 14mal höher stehen, weil die specifische Schwere des Quecksilbers jene des Wassers 14mal übertrift.

* Auf diesen Grundsätzen beruhet die Einrichtung der Wasserleitungen und der Sprizbrunnen, wovon die Hydraulik ausführlicher handelt: z. B. Es sei die Grundfläche DC (Fig. 48. T. II.) mithin auch der Deckel AB = 200 Quadratzoll. Der Durchschnitt der kreisrunden Röhre xf betrage 1 Quadratzoll. Die Röhre xf werde mit Wasser gefüllt bis m; em sei 40 Zoll lang, der Druck des Wassers von me wird daher betragen 40 Cubikzoll, beiläufig 53 $\frac{1}{3}$ Loth Wasser (89. *): es werden aber alle Theile im Horizontaldurchschnitte eb AB gedrückt mit 40 Cubikzoll = 53 $\frac{1}{3}$ Loth (92): mithin der Deckel AB des Gefässes ACBD mit dem Gewichte von 40.200 = 8000 Cubikzoll Wasser d. i. mit einer Kraft = 10666 Loth = 3 Centner: es üben also 53 Loth Wasser einen Druck von 3 Centner aus, und treiben den Deckel AB mit dieser Gewalt in die Höhe. — Wäre daher kein Widerstand der Luft und des Reibens an der Oeffnung F, und drückte nicht das zurückfallende Wasser FQ entgegen, so müßte das Wasser bis zur Höhe m empor springen.

** Eben hierauf gründen sich Wolfs anatomischer Heber, Sipho anatomicus, und des

Gra=

Gravesands Follis hydrostraticus, die durch Fig. 48 vorstellig sind, und die wir in ihrer Gestalt und Einrichtung darstellen ꝛc.

*** Wir haben bisher von dem Druck, den die Flüssigen auf den Boden äußern, geredet, nun auch vom Druck, den die Seiten eines Gefässes leiden.

98.

## Bestimmung des Druckes der Flüssigen an den Seiten der Gefässe.

Der Seitendruck wird auf mancherlei Weisen berechnet; ich wähle die leichteste Art.

Man denke sich im wassenvollen Gefässe ABCD (Fig. 48.) bei a n eine Oeffnung; in diese passe die Röhre a f e: diese Röhre müßte bis e voll sein, wenn die Wassertheilchen in a n an ihrem Orte bleiben d. i. wenn Druck, und Gegendruck einander gleich sein sollten; nun ist der Druck der Wassersäule e f, gleich dem Producte aus der Grundfläche a n in die Höhe e f: es ist aber e f = B D.

Um also zu finden, wie stark ein gewisser Seitentheil eines Gefässes z. B. a n von dem Flüs-

Flüssigen gedrückt werde, darf nur die Fläche dieses Theils mit der senkrechten Linie, von ihm an, bis zur Wasseroberfläche, multiplizirt werden.

* Dieß gilt aber nur, wenn a n sehr klein angenommen wird; denn, da n nicht so tief steht, wie a, so ist das Mittel zwischen A a und A n als die Wasserhöhe anzusehen, und durch dieses jene Fläche der Seite, welche vom Wasser berührt wird, zu multipliziren.

I. Der **Druck** auf die Seiten der Gefässe ist daher auch immer grösser, je tiefer der Theil unter Wasser steht. — Daher muß das Wasser tiefer unten im Gefässe mit grösserer Gewalt herausfahren — mit abnehmender Höhe muß die Geschwindigkeit des hervorspringenden Wassers abnehmen. (Wird mit Experimenten beleget.)

II. Setzen wir ein Gefäß, das die Form eines Würfels hat, und genau einen Kubikschuh Wasser enthält; und nehmen wir also an, daß eine Quadratseite ganz unter Wasser steht, so ist der Druck auf diese Fläche zunächst = dem Producte aus dem Theil, der unter Wasser ist, in die halbe Höhe.

96.

99.

## Bei Vermischung flüssiger Materien

Behauptet die gewichtigste die unterste Stelle, die leichteste die oberste, und die übrigen nehmen nach der grössern, oder kleinern specifischen Schwere, mehr oder minder tiefe Stellen ein.

* Dieß zeigt sinnlich die sogenannte Elementarwelt. Nemlich, man bringt vier Flüssige von verschiedenen specifischen Schweren in eine Glasröhre z. B. Quecksilber, zerflossenes Weinsteinsalz, Weingeist und Bergöl; und rüttelt das Gemisch, da bilden dann diese Flüssige ein Chaos; sondern sich aber allmälig, und treten nach ihrer specifischen Schwere übereinander. — Daher auch die Erscheinung, welche unter dem Namen „Passevin" Umwandlung des Wassers in Wein, bekannt ist. Wenn man eine mit Wasser gefüllte Glasröhre, die oben mit einer Kugel versehen ist, mit unterwärts gekehrter Oeffnung in rothen Wein einsenkt, so zieht sich das Wasser nach und nach aus der Kugel und der Röhre herab, und der leichtere Wein steigt dagegen durch die Röhre in die Kugel empor ꝛc.

** Eben darinn liegt ein Theilgrund, warum ein flüssiger Körper so lange nicht zum Gleichgewichte komme, als lange Ungleichheiten

im

im allseitigen Drucke andauern. — Eine Wirkung derlei Ungleichheiten im Drucke ist

100.

## Die Wellenbewegung. (Motus vndulatorius)

Wenn z. B. in einem Wasser ein Theil der Oberfläche durch eine äußerliche Gewalt gedrückt wird, so muß sich das Wasser ringsum erheben — **Wellen** (Vndae) gestalten, die desto höher, und breiter sind, je stärker die drückende Gewalt ist.

Das erhöhte Wasser sinkt wieder, und sinkend drückt, und erhebt es ein anders, und so muß eine wechselweise Erhöhung der Wasserflächen vorgehen, welche wechselweise Erhöhung wir die **Wellenbewegung** vndulatio, motus vndulatorius nennen.

I. Die entfernten Wellen richten sich nothwendig nach den ersten; ist demnach die erste cirkelförmig oder oval u. s. w. so müssen die entfernten die nemliche Figur haben.

II.

II. Man kann die kleinen Wellen als kurze Schwingungen eines Penduls ansehen, mithin dieselben als gleichzeitig annehmen.

III. Da die Peripherie der Wellen, und ihre Breite mit der Entfernung ståts wåchst, und mithin die zubewegende Masse immer grösser wird; so müssen die Wellen abnehmen, und endlich gar aufhören.

IV. Weil man erfährt, daß, wenn mehrere Wellen z. B. im Wasser entstehen (etwa durch das Hineinfallen der Regentropfen) sie sich ordentlich, und ohne Verwirrung durchschneiden; so erhellet, daß die wechselweisen Erhöhungen und Vertiefungen auch in den schon bewegten Wellen statt haben.

V. Im fließenden Wasser, oder in einem sonst bewegten Flüssigen werden die Wellen nach der Richtung des Stromes fortgerissen, mithin nach dieser Richtung verlängert.

VI. Wenn die Kreise der Wellen gegen ein festes perpendiculares Hinderniß anschlagen, so werden sie zurückgeworfen, und breiten sich nun nach der entgegengesetzten Richtung so aus, daß sie Kreise um einen Punct bilden, der

im

im Perpendicul so weit hinter der Ebene des Hindernisses liegt, als der Mittelpunct der anschlagenden Welle vor dieser Ebene lag. — Steht das Hinderniß schief gegen die horizontal anlaufenden Wellen, so wird die Welle durch die Reibung und das anschwellende Wasser gestört: darum erscheinen an den Ufern der Flüsse keine Wellen.

VII. Befindet sich im Hinderniß eine Oeffnung, so geht ein Theil der Welle geradlinigt durch, und erzeugt neue Wellen, die sich um die Oeffnung als ihr Centrum in Halbkreisen verbreiten. — Ist die Oeffnung weit, so gehen die Wellen ungehindert durch, und nur um die Rände der Oeffnung bilden sich neue kleinere Kreise.

* Die **Meereswogen** sind Wellen im Großen nur irregulär, weil sie vom Winde als einer ungleich und schief wirkenden Kraft hervorgebracht werden. — In elastischen Flüssigen z. B. in der Luft entstehen auf ähnliche Weise Wellen, wenn darinn ein Schall erregt wird u. s. w.

** **Newton** hat der erste die Theorie der Wellenbewegung auf richtige Grundsätze gebracht (Princip. L. II. Sect. 8.).

2.

## 2.

## Vom Gleichgewichte der Flüssigen mit den festen Körpern.

### 101.

Es sei ein Gefäß ABCD (Fig. 51. T. I.) welches bis EF mit Wasser gefüllt ist; man hänge einen cubischen Körper a z. B. aus Blei darein. So wie der Körper a in das Wasser hineingetaucht wird, so treibt er eine Menge desselben EFgh aus dem Wege, welche dem Umfange des Körpers a genau gleich kommt.

### 102.

Ein fester in eine flüssige Materie z. B. in Wasser getauchter Körper leidet unstrittig eben die Aenderung, die ein eben so grosser Theil Wassers an seiner Stelle leiden würde. Ein solcher Theil Wassers aber wird vom übrigen Wasser ganz getragen, so daß sein Gewicht, womit er zu Boden sinken würde, gleichsam vernichtet ist: folglich wird auch so viel vom eingesenkten Körper getragen, und von seinem Gewichte so viel gleichsam vernichtet, als das Gewicht eines eben so grossen Theils Wasser beträgt.

trägt. — — — Da nun dieses von allen Flüssigen gilt: so ist dieß ein Hauptgesetz in der Hydrostatik.

I. Wenn ein fester Körper in einem flüssigen eingetaucht wird: so verliert er genau so viel von seineme Gewicht, als das Gewicht des Flüssigen vom gleichen Umfange b trägt: Wiegt z. B. der eingesenkte Würfel 11 Unzen und ein gleich grosser Wasserwürfel 1 Unze, so wird der eingesenkte Körper 1 Unze Gewicht verliern.

II. Die Hand also, welche einen in das Wasser gesenkten Körper etwa durch Hilfe eines Fadens hält, darf nicht das ganze Gewicht des eingesenkten Körpers tragen, sondern nur soviel, als übrig bleibt, wenn vom ganzen Gewichte des Körpers, das er außerhalb dem Wasser hat, das Gewicht eines eben so grossen Theils Wassers abgezogen wird.

* Daraus die Erklärung, warum ein grosses Schiff im Wasser von einem schwachen Manne oder schwachen Winde bewegt werden könne, warum man das Gewicht eines Fisches, eines Eimers u. s. w. erst enpfinde, nachdem er aus dem Wasser gezogen worden u. s. w.

103.

## Weitere Folgesätze.

III. Ein fester Körper verliert in flüssigen Wesen verschiedener Dichtigkeit nicht gleich viel von seinem Gewichte; in dem dichtern mehr, als im dünnern.

* Ein unter Wasser in das Gleichgewicht gebrachter Körper sinkt im Weingeist, und steigt im Salzwasser u. s. w. die Schiffe im süssen gehen nicht so hoch über Bord als im schweren Seewasser 2c.

IV. Von Körpern, die einerlei Gewichte, aber verschiedene Inbegriffe haben, verliert jener am meisten, der einen grössern Umfang hat. — Je grösser daher die specifische Schwere eines Körpers ist, einen desto kleinern Gewichtverlust leidet er: und so umgekehrt.

V. Eine tiefere Einsenkung unter das Wasser macht keinen Unterschied am Gewichte des Körpers, wenn sich die Flüssigen nicht merklich zusammendrücken lassen. —

* Wir geben einen anschaulichen Erweis dieser Sätze durch Versuche.

104.

VI. Wird ein fester Körper in ein Flüssiges z. B. in das Wasser eingesenkt, der dieses an Dichtigkeit übertrift; so sinkt er mit seiner respectiven Schwere zu Boden.

Denn er drückt in jeder Höhe stärker, als eine Menge Wassers von seinem Umfange: er muß also mit diesem Uebergewichte sinken.

105.

VII. Ein Körper, der mit dem Flüssigen gleiche specifische Schwere hat, sinkt so lange, bis er ganz untergetaucht ist, und ruhet in jeder Höhe. — Denn ein Körper von gleicher specifischen Schwere mit dem Flüssigen z. B. mit Wasser drückt in jeder Höhe gerade so stark, als eine Portion Wassers von gleichem Umfange.

* Ein Körper dieser Art verliert gleichsam alle Schwere im Flüssigen.

106.

VIII. Ist endlich der Körper specifisch leichter als das Flüssige, so sinkt er so lan-

ge, bis das von der Stelle geschafte Wasser so viel wiegt, als der Körper — z. B. Alle Körper, deren specifisches Gewicht kleiner ist als 1,000 schwimmen auf dem Wasser; und alle, deren eigenthümliches Gewicht kleiner ist als 14,000 schwimmen auf dem Quecksilber 2c.

Denn in diesem Falle drückt der Körper nicht so stark abwärts, als eine gleiche grosse Wasserportion an seiner Stelle drücken würde. Es kann also das Einsenken nur so lange währen, bis das von der Stelle verdrängte Wasser so viel wiegt, als der ganze Körper.

* Ein Körper taucht sich daher desto tiefer ein, je schwerer er, oder je leichter das Flüssige ist.

** Man sieht leicht ein, daß ein Körper, der auch specifisch schwerer als das Flüssige z. B. als das Wasser ist, zum Schwimmen könne gebracht werden dadurch, daß man an ihm so viel von einem leichtern Körper befestigt, oder daß man ihn in einen so grossen Raum ausdehnt, daß das ausgedrückte Wasser mehr wiegt, als der Körper selbst. — So schwimmen z. B. Menschen auf Blasen, vermittelst der Schwimmgürtel, Wasserharnische, oder Skaphander 2c. (*) hohle gläserne und metallene Kugeln, Schiffe,

u. s. w. auch sieht man daraus leicht ein, die Möglichkeit eines Luftschiffes u. s. w.

(*) Muschenbröck setzet das Gewicht des Menschen $\frac{1}{9}$ grösser als das Gewicht des Wassers. Nach den Versuchen des Wilkenson sind viele leichter als Wasser; den Beobachtungen des Robertsons zufolge sind die Menschen etwas leichter als das Wasser... Nehmen wir nun an ein Mensch wiege 161 Pfund, komme gerade der Schwere des Wassers gleich, und sinke dann für sich ganz ein. Henken wir ihm 8 Pfund Kork an, der 4mal leichter als Wasser ist, und also $4 \cdot 8 = 32$ Pfund Wasser aus seinem Platze verdrängt; so treiben beide zusammen $161 + 32 = 163$ Pfund Wasser aus; die Summe ihrer Gewichte ist aber nur $161 + 8 = 169$ Pfund: mithin bleiben noch 24 Pfund für die emporhebende Kraft übrig, mit welcher in diesem Falle der Mensch samt dem Korkholze in die Höhe getrieben wird.

107.

IX. Wird ein leichterer Körper mit Gewalt unter Wasser getaucht, so wird er vom Wasser, das ihn umgiebt, in die Höhe getrieben, mit einer Geschwindigkeit, die der Differenz der grössern respectiven Schwere des Wassers gleich ist... Und da die Kraft, welche den Körper in

die

die Höhe steigen macht, stäts wirket, so lange der leichtere Körper untergetauchet ist, so wird die Bewegung derselben nothwendig gleichförmig beschleunigt.

Auf die angeführten Gesetze gründet sich

108.

## Die Erklärung folgender Erscheinungen.

1. Warum ein Schiff, das grosse Lasten trägt, nicht untergehe: die Schiffe werden ausgehöhlet, und die Aushöhlung der Körper erleichtert das Schwimmen ungemein; denn ein hohlgemachter Körper hat weniger Gewicht als ein massiver, und treibt dennoch eben so viel Wasser von der Stelle, wird folglich eben so vom Wasser getragen oder gehoben, alswie ein massiver, wenn nur kein Wasser in die Höhlung dringen kann. — Bei Erbauung eines Schiffes wird eine gewisse Grenze gesetzt, wie weit es sich einsenken dürfe, und nach dieser richtet sich die ganze Anordnung. Man findet nemlich aus den Rissen, um wie viel sich das beladene Schiff tiefer einsenken dürfe, als es sich ledig einsenkt: daraus kann man

man den körperlichen Inhalt des Raumes finden, der durch die Ladung noch unter Wasser gedrückt werden darf. Gesetzt dieser sei 1500 Cubikfuß; angenommen der Cubikfuß Meerwasser wäge 72 Pfund; so beträgt das Wasser unter den Raum 1500.75 = 108,000 Pfund: mithin darf die Ladung eben diesem Gewichte gleich sein... Die spanischen Lastschiffe führen 1200 Tonnen Ladung, die Tonne zu 2000 Pfund gerechnet.

2. Wann, und wie ein Thier im Wasser schwimme (Kunst zu schwimmen V. J. Bachstrom. Berl. 1742.). Die Menschen müssen größtentheils wegen der ungewöhnlichen Stellung schwimmen lernen.

3. Was das Verhältniß der specifischen Schwere zum Flug der Vögel beitrage.

4. Wie die Fische im Wasser auf- und absteigen.

5. Warum die Ertrunkenen anfangs untersinken, und nach einiger Zeit, wenn die Fäulung anfängt, wieder in die Höhe kommen.

6.

6. Woher die Erscheinungen des Cartesianischen Taucherleins (Homunculus Cartesianus) u. s. w.

109.

Eben auf diesen Gesetzen gründet sich die Einrichtung der

1. Aräometer, Hidroskopen (Araeometra, Baryllia, Hygrobaroscopia, Hydrometra) und

2. der hydrostatischen Wagen.

Aräometer (Maaß der Dünne) ist ein Werkzeug, durch dessen Einsenkung in flüssige Materien, man die Verhältnisse der Dichten, oder specifischen Schweren dieser Materien bestimmen kann.

* Vom besondern Gebrauche derselben heißt dieses Werkzeug Bier- Wein- Solwage, Salzspindel 2c.

110.

Die Theorie derselben ist in diesen Sätzen enthalten.

I. Wenn ein Aräometer von unverändertem Gewichte in zweierlei flüssige Materien eingesenkt wird, so verhalten sich die Dichten dieser Materien umgekehrt wie die Räume, um welche sich das Aräometer eingesenkt hat.

II. Wenn ein Aräometer in zweierlei flüssige Materien bis zur gleichen Tiefe eingetaucht wird, so verhalten sich die Dichten dieser Flüssigen, wie die Gewichte, die man in beiden Fällen dem Aräometer hat geben müssen, um es gleich tief einzusenken.

* Jeder dieser Sätze veranlaßte eine besondere Einrichtung der Aräometer: natürlich ist jene vorzüglicher, welche sich auf den letzten Satz gründet, weil sich die Gewichte leichter, als die Räume bestimmen lassen.

** Nach Fermat (Opera mathemat. Tolosae. 1679.) ist schon im vierten Jahrhundert etwas dem Aräometer ähnliches unter dem Namen *Baryllion* bekannt gewesen. Thölden soll in seiner Halographie von 1603 der Solspindel, die aus einem hölzernen Cilinder unten zugespitzt, und mit Blei eingegossen bestand, als einer bekannten Sache gedenken (Leupold Theatr. Stat. uni. II.). Die gewöhnliche Art der neuen Aräometer ist jene des Boile's, welche auf dem I. Satz beruhet;

het; dieser ist aber eine andere z. B. jene des Hrn. Pfarrers Hahn, welche sich auf den II. Satz gründet, vorzuziehen. — Wir zeigen diese Werkzeuge vor, und machen Versuche damit.

111.

## Die hydrostatische Wage.

Diese ist ein Werkzeug, durch dessen Hilfe wir die verschiedenen eigenthümlichen Schweren sowohl der flüssigen, als festen Körper sehr genau untersuchen können. Der Unterschied der hydrostatischen von der gemeinen Wage ist nur darinn, daß jene empfindlicher, feiner, und zur Abwägung der Körper im Flüssigen bequemer eingerichtet ist.

Branders hydrostatische Wage leistet die besten Dienste. (Beschreibung einer neuen hydrostatischen Wage von Georg. Fr. Brander Augsb. 1771 — Lentman von den Wagen, und einigen neuen statischen Erfind. in Crells Chemi. Arch. II. B. S. 229.).

112.

Wiegt man einerlei feste Körper in verschiedenen flüssigen Materien ab, so giebt

das,

das, was der Körper jedesmal vom Gewichte verliert, das Gewicht des Flüssigen, unter dem nemlichen Inbegriff, den der eingesenkte Körper hat. — Da kann man denn die verschiedenen Flüssige in Hinsicht ihres eigenthümlichen Gewichtes untereinander vergleichen, und finden, wie gewichtig ein gewisser dem körperlichen Inhalte nach gegebener Theil einer flüssigen Materie sei: z. B. Eine elfenbeinerne Kugel verliert im gesättigten Salzwasser 435 Gran; im süssen Wasser 372 Gran: mithin ist die eigenthümliche Schwere des völlig gesättigten Salzwassers $= 435 : 372$ mithin $= \frac{435}{372} = 1,169.$

* Man bedient sich zum Einsenken eines gläsernen eiförmigen Körpers, der hohl, und mit Quecksilber nach Belieben zu beschweren ist.

113.

Auf gleiche Weise lassen sich die eigenthümlichen Schweren der festen Körper finden. Man verfertigt sich z. B. grosse Würfel von verschiedenen Materien, bringt jeden, vor dem Einsenken in das Wasser, mit einem Gewicht

an

am der Wage ins Gleichgewicht, und senkt hernach das würflichte Stück in das Flüssige, ins Wasser. — Das Gleichgewicht wird aufgehoben; dadurch aber wieder hergestellt, wenn man so viel Gewicht in die Schaale legt, als das Gewicht einer gleich grossen Menge des Wassers beträgt. — Da verhält sich denn das eigenthümliche Gewicht eines festen Körpers zum eigenthümlichen Gewichte eines Flüssigen, wie das Gewicht des festen Körpers zu dem, was er am Gewichte in dem Flüssigen — im Wasser verliert: z. B. Ein Thaler vom guten Silber wiegt 466 Gran, und verliert in Wasser gesenkt 45 Gran: es ist also die specifische Schwere des Silbers zu jener des Wassers = 466 : 45. Das Silber ist also = $\frac{466}{45}$ = 10,255 schwerer als Wasser. — Darnach lassen sich überhaupt die eigenthümlichen Gewichte oder die specifischen Schweren der festen, und der flüssigen Körper untereinander vergleichen, und die specifischen Schweren von jeden auffinden. — Nach eben dieser Methode haben die Naturforscher die eigenthümlichen Gewichte gar vieler Körper untersucht, und in Tafeln gebracht, wobei das Gewicht des reinen Wassers = 1 oder 1,000 an=

angenommen, und der Cubikschuhe Wasser auf 64 Pfund berechnet worden. Daher haben die Verhältnisse der verschiedenen eigenthümlichen Schweren fester und flüssiger Körper ihren Ursprung bei Muschenbröck, Brisson, Bergmann u. a. m.

* Ich stelle in folgender Numer ein Verzeichniß dieser Art von solchen Körpern auf, deren specifische Schwere besonders von einem Naturforscher erkannt sein soll.

114.

# Verzeichniß

nach Muschenbröck, welches von Brisson Bergmann und einigen andern verbessert worden.

## Metalle.

| | | |
|---|---|---|
| Platina. . . . . | 20,060<br>21,062 | Sickingen |
| Gold. . . . . . | 19,257 | Muschenbr. |
| Dukatengold. . . . | 17,017 | — — |
| Queckfilber, reines . . | 14,000 | — — |
| Einmal destell. Quecks. . | 13,570 | — — |

511mal



| | | |
|---|---|---|
| 51mal destill. Quecks. | 14,110 | Muschenbr. |
| Blei. | 11,325 | — — |
| Silber fein gegossen. | 11,091 | — — |
| Silber geschlagen. | 10,500 | — — |
| Wißmuth. | 9,670 | Bergmann |
| Nickel (König) | 9,000 | — — |
| Kupfer. | 8,876 | — — |
| Messing. | 8,395 | Brisson |
| Arsenik (König) | 7,308 | Bergmann |
| Eisen. | 7,800 | — — |
| Stahl. | 7,767 | Muschenbr. |
| Kobalt (König) | 7,700 | Bergmann |
| Zinn. | 7,264 | — — |
| Zink. | 6,862 | — — |
| Spießglas (König) | 6,860 | — — |
| Braunstein. | 6,850 | — — |
| Walfram (König) | 17,600 | de Luyart. |

## Erden.

| | | |
|---|---|---|
| Schwererde. | 3,733 | Bergmann |
| Kalkerde. | 2,720 | — — |
| Bittersalzerde. | 2,155 | — — |
| Kieselerde. | 1,975 | — — |
| Alaunerde. | 1,305 | — — |
| Schwerstein. | 4,990<br>5,800 | Kirwann |

Schwer=

| | | |
|---|---|---|
| Schwerspath. . . . | 4,000<br>4,496 | Bergmann |
| Chalcedon. . . . | 4,360 | Muschenbr. |
| Granat, böhmischer . . | 4,360 | — — |
| Sapphir. . . . . | 4,090 | — — |
| Sapphir. orient. . . | 3,562 | — — |
| Diamant. . . . . | 3,517 | — — |
| Topas sächs. . . . | 3,450 | — — |
| Chrysolith. . . . | 3,360 | — — |
| Carneol. . . . . | 3,290 | — — |
| Rubin. . . . . | 3,180 | — — |
| Lasurstein. . . . | 3,054 | — — |
| Smaragd. . . . | 3,095 | — — |
| Turmalin. . . . | 2,952<br>3,250 | — —<br>— — |
| Bergkrystall. . . . | 2,650 | — — |
| Island. Krystall. . . | 2,720 | — — |
| Hyacinth. . . . . | 2,613 | — — |
| Jaspis. . . . . | 2,666 | — — |
| Opal. . . . . . | 1,958<br>2,075 | — —<br>— — |
| Reiner Quarz. . . | 2,763 | — — |
| Selenit. . . . . | 1,870<br>2,320 | — —<br>— — |
| gemein. Kiesel. . . | 2,542 | — — |
| Versteinert Holz. . . | 2,341 | — — |
| Engl. Krystallglas. . | 3,150 | — — |

venet.

| | | |
|---|---|---|
| Venet. Glas. . . | 1,591 | Muschenbr. |
| gem. grünes Glas. . | 2,500 | — — |
| Chines. Porzellän. . . | 2,363 | — — |

## Salze.

| | | |
|---|---|---|
| Concentr. Vitriols. . | 2,125 | Bergmann |
| Gemeines Vitriolöl. . | 1,700 | — — |
| Concentrirtes. . . | 1,827 | — — |
| Concentr. Salpeters. . | 1,580 | — — |
| Concentr. Salzsäure. . | 1,150 | — — |
| Flußspathsäure. . . | 1,500 | — — |
| Phosphors. verglaset. . | 2,687 | — — |
| Sedativsäure. . . | 1,480 | — — |
| Destillirter Essig. . . | 1,011 | Muschenbr. |
| Arseniksäure. . . . | 3,391 | Bergmann |
| Weißer Arsenik. . . | 3,706 | Muschenbr. |
| Vitriolisir. Weinst. . | 2,298 | — — |
| Glaubersalz. . . . | 2,246 | — — |
| Salpeter. . . . | 1,900 | — — |
| Reines Kochsalz. . . | 1,918 | — — |
| Steinsalz. . . . | 2,143 | — — |
| Digestivsalz. . . . | 1,836 | — — |
| Sublim. Salmiak. . | 1,420 | — — |
| Borax. . . . . | 1,720 | — — |
| Alaun. . . . . | 1,714 | — — |
| Bleizucker. . . . | 2,395 | — — |

Engl.

| | | |
|---|---|---|
| Engl. Vitriol. . . | 1,880 | Muschenbr. |
| Zinkvitriol. . . . | 1,900 | — — |
| Weißer Zucker. . . | 1,606 | — — |

## Brennliche Mineralien.

| | | |
|---|---|---|
| Steinkohle. . . . | 1,240 | Muschenbr. |
| Judenpech. . . . | 1,400 | — — |
| Bernstein. . . . | 1,065 | — — |
| Gagat. . . . . | 1,203 | — — |
| Schwefel. . . . | 1,800 | — — |
| Naphta. . . . . | 0,708 | Kirwann |

## Geister.

| | | |
|---|---|---|
| Alkohol. . . . . | 0,815 | Muschenbr. |
| Vitrioläther. . . . | 0,732 | — — |
| Weißer Franzwein. . | 1,020 | — — |
| Frontignac. . . . | 1,008 | — — |
| Malaga. . . . . | 1,015 | — — |
| Rother Capwein. . . | 1,018 | — — |
| Weißer Capwein. . . | 1,039 | — — |
| Burgunderwein. . . | 0,993 | — — |
| Pontac. . . . . | 0,935 | — — |
| Champagner. . . . | 0,962 | — — |
| Moßler. . . . . | 0,916 | — — |
| Rheinwein. . . . | 0,9995 | — — |
| Brantewein. . . . | 0,9855 | — — |

## Fette.

| | | |
|---|---|---|
| Rindertalg. . . . | 0,955 | Muschenbr. |
| Hammeltalg. . . . | 0,943 | Brandis |
| Schweinschmalz. . . | 0,954 | — — |
| Gelbes Wachs. . . | 0,960 | — — |
| Weißes Wachs. . . | 0,966 | — — |

## Oele.

| | | |
|---|---|---|
| Baumöl. . . . . | 0,913 | Muschenbr. |
| Leinöl. . . . . | 0,928 | — — |
| Rübsamenöl. . . . | 0,902 | — — |
| Cacaobutter. . . . | 0,910 | — — |
| Weißes Mohnöl. . . | 0,922 | — — |
| Süßes Mandelöl. . . | 0,928 | Muschenbr. |
| | 0,911 | Brandis |

## Destillirte Oele.

| | | |
|---|---|---|
| Nelkenöl. . . . . | 1,034 | Muschenbr. |
| Pomeranzenöl. . . | 0,888 | — — |
| Zimmtöl. . . . . | 1,035 | — — |
| Sassafrasöl. . . . | 1,094 | — — |
| Rosmarinöl. . . . | 0,997 | — — |
| Fenchelöl. . . . | 0,934 | — — |

Wachol-

| | | |
|---|---|---|
| Wacholderöl. . . . | 0,911 | Muschenbr. |
| Krausemünzöl. . . | 0,975 | — — |
| Terpentinöl. . . . | 0,792 | — — |

## Hölzer.

| | | |
|---|---|---|
| Indian. Cedernholz. . | 1,315 | Muschenbr. |
| Buxbaumholz. . . | 1,328 | — — |
| | 0,919 | — — |
| Brasilienholz. . . | 1,031 | — — |
| Ebenholz. . . . | 1,209 | — — |
| Fernambukholz. . . | 1,014 | — — |
| Franzosenholz. . . | 1,333 | — — |
| Machagonyholz. . . | 1,063 | — — |
| Greisholz. . . . | 1,200 | — — |
| Altes Eichenholz. . . | 1,666 | — — |
| Eichenholz vom Stamme. | 0,929 | — — |
| Eichenh. v. grünen Aste. | 0,870 | — — |
| Rhodiserholz. . . . | 1,125 | — — |
| Weißes Nadelholz. . | 1,041 | — — |
| Rothes Nadelholz. . | 1,128 | — — |
| Campecheholz. . . | 0,913 | — — |
| Büchenholz. . . . | 0,852 | — — |
| Gelb Sandelholz. . . | 0,809 | — — |
| Erlenholz. . . . | 0,800 | — — |
| Ahornholz. . . . | 0,734 | — — |
| Eschenholz. . . . | 0,797 | — — |

| | | |
|---|---|---|
| Apfelholz. . . . | 0,793 | Muschenbr. |
| Pflaumenholz. . . | 0,785 | — — |
| Haselnholz. . . . | 0,600 | — — |
| Birnenholz. . . . | 0,661 | — — |
| Ulmenholz. . . . | 0,600 | — — |
| Lindenholz. . . . | 0,604 | — — |
| Weidenholz. . . . | 0,585 | — — |
| Wacholderholz. . . | 0,556 | — — |
| Sassafrasholz. . . | 0,482 | — — |
| Tannenholz. . . . | 0,550 | — — |
| Pappelholz. . . . | 0,383 | — — |
| Korkholz. . . . . | 0,240 | — — |

## Producte aus dem Pflanzenreiche.

| | | |
|---|---|---|
| Aloe. . . . . | 1,315 | Muschenbr. |
| Arab. Gummi. . . | 1,735 | — — |
| Kampher. . . . | 0,996 | — — |
| Pech. . . . . | 1,150 | — — |
| Holzasche. . . . | 0,930 | — — |

## Wasser.

| | | |
|---|---|---|
| Regenwasser. . . . | 1,000 | Muschenbr. |
| Destillirtes Wasser. . | 0,993 | — — |
| Quell- und Brunnenw. | 0,999 | — — |

Flüßend

| | | |
|---|---|---|
| Fließend Wasser. . . | 1,009 | Muschenbr. |
| Seewasser. . . . | 1,011 | — — |
| Gefroren Wasser. . . | 0,916 | — — |

## Noch einige Flüssige.

| | | |
|---|---|---|
| Milch von einer Kuh. . | 1,030 | Muschenbr. |
| Weinessig. . . . | 1,011 | — — |

## Einige Producte aus dem Thierreiche.

| | | |
|---|---|---|
| Elbenbein. . . . | 1,826 | Muschenbr. |
| Rindsknochen. . . | 1,656 | — — |
| Perlmutter. . . . | 2,480 | — — |
| Austerschalen. . . . | 2,480 | — — |
| Bezoar. orient. . . | 1,530 | — — |

* Die Ungleichheit ähnlicher Verzeichniße, welche man bei verschiedenen Naturforschern findet, mag wohl daher rühren, daß sie die Versuche nicht bei gleicher Temperatur, nicht mit gleich reinem Wasser, und nicht mit gleich großen Portionen angestellt haben.

** Weil alle Körper durch die Wärme ausgedehnt, und durch die Kälte in einen engern Raum zusammengezogen werden; so ist die specifische Schwere der Körper nicht bei jeder Temperatur gleich. Im Sommer ist ein Cubikzoll Wasser fast um

3 Gran

3 Gran d. i. um 130sten Theil des Gewichtes leichter als im Winter ꝛc. (*). Man muß daher bei den Experimenten den Grad der Wärme angeben. Muschenbröck zeigte überhaupt an, daß er seine Versuche in den Monaten April, Julius und August gmacht habe; Brisson bei 14 Grad Temperatur nach Reaumür ꝛc.

(*) Sinnliche Darstellung im Wasserthermometer — d. i. in einer Glasröhre, worinn sich mit etwas Weingeist gemischtes Wasser, samt kleinen Körperchen, befindet, die etwas leichter sind als das kalte Wasser, und mithin bei kalter Temperatur obenan schwimmen; mit allmälig zunehmender Wärme aber, eins nach dem andern, zu Boden fallen — — weil das von der Stelle getriebene Wasser bei zunehmender Wärme leichter wird als das Gewicht der Körperchen ist.

## 115.

### Die Anwendung der Hydrostatik

Hat Boile gezeigt. — Etwas davon: 1) dienen die Gesetze der Hydrostatik die eigenthümlichen Schweren aller Körper, besonders auch der Fossilien, und dadurch dieser ihre Verschiedenheit zu bestimmen. — —

* Man lernt dadurch die Edelsteine zu unterscheiden, ob sie rein, oder mit fremdartigen Theilen vermischt — ob sie natürlich, oder durch Kunst nachgemacht sind. — Eine solche Erforschung, und Entdeckung ist sehr wichtig für Naturkündiger, Chemiker, Juweliers, und Bergverständige. — Vielleicht ließe sich auf die nemliche Weise die Aechtheit der Chinarinde bestimmen?

2. Da der Unterschied des Quecksilbers in Hinsicht auf eigenthümliche Schwere nach dem Reinigungsgrade von 13 bis 14 geht (114.); so lernt der Naturforscher die Nothwendigkeit, darauf bei Verfertigung der Barometer Rücksicht zu nehmen, und in Wettertabellen die Schwere des Quecksilbers anzuzeigen.

3. Die Grösse des Druckes auf einen Damm läßt sich aus dem, was wir oben sagten, leicht berechnen. Man multiplicirt denjenigen Theil, der unter Wasser steht, mit der Hälfte der Höhe, und dieses Product abermal mit 64 Pfund; (soviel wiegt ein Cubikschuhe Wassers.) Z. B. wir wollen setzen, der Damm sei der Länge nach = 20 Fuß, und befinde sich 5 Schuhe tief unter Wasser; so ist der Inhalt des Theiles untee dem Wasser = 100 Quadratfuß; wird dieses mit 2 $\frac{1}{2}$ als der halben Tiefe multipli-

plicirt, so erhält man 250 Cubikschuh; und wenn diese abermal in 64 multiplicirt werden, so ist, 16000 Pfund die Grösse des Druckes auf den Damm.

4. Weiß man das Gewicht eines Körpers, so läßt sich die Grösse desselben dadurch finden, daß man das gegebene Gewicht durch die eigenthümliche Schwere des Körpers in dem Verzeichniß (114.) dividirt, der Quotient ist die verlangte Grösse; denn D ist $= \frac{M}{V}$ (17. I. Rein. Theil.) also M = VD.

* Man findet daher das Gewicht eines Cubikzolls von jeder gegebenen Materie, wenn man die Zahl, welche die specifische Schwere ausdrückt, in das Gewicht eines Cubikzolls Wasser multiplicirt. Z. B. die specifische Schwere des Eisens ist = 7,800 (Verzeichniß); ein rheinländ. Decimalcubikzoll Wasser wiegt nach dem Apothekergewicht 492 $\frac{11}{48}$ Gran: dieß nun mit 7,800 multiplicirt giebt das Gewicht eines Cubikzolls Eisen = 3567,8 Gran.

5. Wenn man die Grösse, und das Gewicht eines Körpers weiß, so kann man seine eigenthümliche Schwere also finden, daß man das Gewicht durch die Grösse dividirt $D = \frac{M}{V}$.

* Die-

* Dieses Gesetz soll den Archimedes auf die Entdeckung geführt haben, aus wie viel Gold und Silber die Krone des Königs von Sirakus Hiero bestanden; beiläufig also! es sei ABML (Fig. 52. T. II.) ein mit Wasser bis an d C gefülltes Gefäß, und die hineingelegte Masse des Goldes = dem Gewichte der Krone, mache, daß das Wasser bis an f trete. — Hierauf werde der Versuch mit dem Silber wiederholt; man bringe, Silber = dem Gewichte der Krone, in dieses Gefäß: das Wasser erhebe sich bis Q. Wenn nun das Gefäß über d C in gleiche Theile getheilt, und D f = 11 solcher Theilchen d Q aber = 19 derselben ist; denn das Verhältniß der specifischen Schwere des Silbers ist zur specifischen Schwere des Goldes = 11 : 19 (Verzeichniß); so folgt, daß die Grösse des Goldes und Silbers sich wie d f zu d Q, und mithin die eigenthümliche Schwere wie d Q zu d f sich verhalten. — — — Es werde nun die Krone hineingelegt — das Wasser steige bis e, so, daß e = 13 sei, so läßt es leicht, das Verhältniß des Inhaltes des Goldes und Silbers zu einander, aus dem die Krone wirklich besteht, zu finden u. s. w.



# V.

## Von der Bewegung tropfbarer Flüssigen.

### (Hydraulik.)

116.

Hydraulik ist die Wissenschaft von der Bewegung tropfbarer oder wasserähnlicher Flüssigen.

* Die Gesetze von der Bewegung der Flüssigen sind wegen der Beweglichkeit ihrer Theilchen schwer anzugeben. Ihre Bestimmung fodert immer Anwendung der höhern Mathematik, und gehört daher in die Hydrodynamik. Hier also nur von den mechanischen Mitteln, wasserähnliche Flüssige in Bewegung zu setzen.

117.

117.

Die wasserähnlichen Flüssige können auf viererlei Weisen in Bewegung gesetzt werden:

I. durch ihr eigen Gewicht,

II. durch Mitwirkung der Luft,

III. durch Druckwerke, und

IV. durch die Schöpfmaschinen.

## I. Bewegung des Wassers durch sein eigen Gewicht.

118.

Wenn in einem Gefäße ABCD (Fig. 48. T. II.) eine Röhre xpfa eingemacht, und diese Röhre mit dem Gefässe voll Wasser ist; so wird der Deckel des Gefässes AB gedrückt im Verhältniß der Höhe pb = MA und dieser Druck gleicht dann dem Gewichte der Wassersäule MNAB (Hydrostat. 94.).

Wird daher in dem Deckel AB eine kleine Oeffnung F gemacht, so spritzt das Wasser hervor mit einer Gewalt, die genau im Verhältniß der Höhe pb = MA steht — mithin bis zur Höhe MN, wenn kein Hinderniß da wäre (Hydrostatik. 97.).

* Auf

* Auf diesem Satze gründen sich die Gesetze, nach denen die Wasserleitungen einzurichten sind, wenn man dabei die Absicht hat, irgendwo ein Wasser
quillen
oder springen
zu lassen: also hier von den Quell- und Spritz-Brunnen.

119.

Von Quell- und Spritzbrunnen überhaupt.

Zurichtung.

1. Wünscht man sich das Vergnügen, daß an dem Orte A (Fig. 1. T. III.) ein Wasser springe, oder ists Bedürfniß, daß ein Wasser bei B quille; so sucht man sich einen Ort aus, der wasserreich ist, und höher liegt als A und B.

2. Es sei dieser Ort auf dem Hügel D O: hier gräbt man nun einen Wasserbehälter a b c d (eine Vertiefung ins Gevierte) und schlägt den Boden mit wasserhaltigen Thone aus, das heißt: man bauet eine Wasserstube.

2. Nun werden hohle Cylinder (Röhren, Teichel) d e, e f, f g 2c. gelegt, und stätig aneinander gereiht: der oberste mit dem Was-
ser-

serbehälter a b c d und unterste mit der Springröhre n oder mit der Quellröhre o in Verbindung gesetzt.

## Erfolg.

Das Wasser ist schwer, und fällt, wenn es nicht unterstützt ist: es muß also von der Wasserstube a b c d durch die Teicheln d e, e f 2c. herabrinnen; und, da bei h und a die Gesetze des Druckes eintreten, bei n hervorspringen oder bei o quillen (115.).

* Liegt eine Erhöhung z. B. B zwischen der Brunnenstube O und dem Orte des Brunnen, welche die Höhe der Brunnenstube nicht übersteigt, so wird das Wasser durch die stätigen Röhren nach den Gesetzen des Druckes über dieselben hinüber kommen. Ist aber die dazwischen liegende Anhöhe grösser als jene der Brunnenstube, so kann das Wasser an den Bestimmungsort nur unter der Bedingung gelangen, daß die Teichel um die Anhöhe herumgelegt werden.

** Die Teichel mögen hölzern sein, so lange die Tiefe, durch welche das Wasser geleitet wird, nicht gar beträchtlich ist; mit der Tiefe wächst der Druck des Wassers, und da können dann bei sehr großer Tiefe nur aus Blei gegossene Röhren den Druck aus-

hal-

halten. — Hie und da kann durch Unterstützung der Teichel dem mächtigen Drucke Schranken gesetzt werden.

*** Soll das Springen oder Quillen des Wassers ununterbrochen fortwähren, so muß der Abfluß durch zufließendes Wasser hinlänglich ersetzt werden: daher ist auch bei Spritz- und Quellbrünnen auf verhältnißmässige Oeffnungen, durch welche das Wasser ausfließt, Bedacht zu nehmen.

## 120.

## Hindernisse des Springwassers.

Der Grund des Springwassers ist der Druck des Wassers durch sein eigen Gewicht (119): das Wasser spritzt daher allemal zu einer Höhe, die mit der Höhe seines Ursprungs ein Verhältniß hat; je höher dieser liegt, desto höher springt das Wasser: und wäre gar kein Hinderniß, das seiner Bewegung Abbruch thäte, so spränge es genau zur Höhe der Urquelle.

Allein, der Bewegung des hervorspringenden Wassers widersteht die **Reibung** innerhalb der Springröhre, die **Luft** als **Medium** und das **Gewicht** des zurückfallenden **Wassers**; und

da

da kommt dann der Druck im Verhältniß der Höhe nie ganz zu seinem Effect (Hydrost. 97.)

121.

Mariotte (Grundlehren der Hydrostatik und Hydraulik ꝛc. Leipzig. 1773) stellte über den Verlust dieser Bewegung Versuche an, und fand durch übereinstimmende Erfahrung, daß der Unterschied zwischen der Höhe des Ursprungs einer Quelle und der Höhe des Wasserstrales betrage

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| bei | 5 | Schuhe | 1 | Zoll | |
| — | 10 | — | 4 | — | |
| — | 15 | — | 9 | — | |
| — | 20 | — | 16 | — | u. s. w: |

folglich, daß das „Quadrat der Höhe des Wasserstrales sich verhalte wie der Unterschied zwischen den Höhen der Quelle und der Sprunghöhe, wenn das Wasser aus gleichen Oeffnuneng hevorströmt.“

* Geht das Wasser durch conisch geendete Auffatzröhren, so springt das Wasser nach Gravesande nicht so hoch als wenn es durch cylindrische, die am obern Ende mit einer durchlöcherten Platte geschlossen sind, herausfährt.

** Ver-

** Verschieden gebildete Aufsätze geben dem Springwasser verschiedene Gestalten und Richtungen, und da dienen sie dann das Springwasser noch besonders zur Lust und Ergötzung einzurichten. (Böcklers Architectura curiosa).

## II. Bewegung des Wassers durch Beihilfe der Luft.

### 122.

Die Luft wirkt zur Bewegung des Wassers vornehmlich bei,

A. beim Heber, Sipho, und

B. bei dem Pumpwerke, antlia elevatoria.

### 123.

### A. Heber.

Eine krummgebogene Röhre heißt ein Heber, weil sie dient, das Wasser in die Höhe zu heben, wenn eine Oeffnung derselben in dem Flüssigen eingesenkt, und an der andern Oeffnung gesaugt wird. — Nemlich durch das Saugen wird die Luft innerhalb der Röhre b c (Fig. 2. T. III.) verdünnt (Abh. von der Luft.); der Luftkreis drückt also stärker auf das Flüssige m n, als

als die Luft innerhalb der Röhre entgegendrückt, und treibt dann mit dem Uebermaaße seiner Kräfte das Flüssige in den Schenkel a b hinauf.

124.

Die Erfahrungen lehren, daß der Druck der Luft das Quecksilber nicht über 28 — 29 Zolle und das Wasser, welches 14mal specifisch leichter als das Quecksilber ist, nie über 32—33 Schuhe erhebe:

I. Soll also Quecksilber im Heber bis b (Fig. 2. T. III.) emporsteigen; so darf die Röhre a b nicht über 28 Zolle; — und soll sich das Wasser bis b erheben, so darf sie nicht über 32 Schuhe lang sein.

125.

Wird ein Schenkel eines Hebers in das Flüssige eingesenkt, so sind drei Fälle möglich: a. entweder steht die Oeffnung außerhalb dem Gefässe tiefer als die Oberfläche des Wassers innerhalb dem Gefässe, wie Fig. 2. und Fig. 5. (Taf. III.) oder b. niederer, wie Fig. 3. oder c. gleich tief wie Fig. 4. — Nun von jedem Falle.

126.

a. Es stehe die Oeffnung des Hebers außerhalb dem Gefässe tiefer als das Flüssige innerhalb dem Gefässe. Wird bei c (Fig. 2. und 5.) gesaugt, so drückt der Luftkreis das Wasser bis b empor (123.); erreicht es nun da den längern Schenkel b c; so fließt es vermöge seiner Schwere herab. Es drückt aber der Luftkreis nicht nur auf das Flüssige im Gefässe abwärts, sondern auch auf jenes in der Röhre b c, bei c aufwärts (Hydrost.); und diese Drückungen sind einander gleich (weil der Unterschied der Längen von a b und b c in Hinsicht auf die Luftsäule der Atmosphäre nicht merklich ist).

Nun befindet sich aber in dem längern Schenkel b c mehr Wasser als in dem kürzern b n: es drückt also ein grösser Gewicht herab durch die längere Röhre b c, als im kleinern Schenkel b n zurück in das Gefäß drückt: es muß also der Druck des Wassers durch die längere Röhre b c prävaliren, und das Wasser bei c herausfließen.

In dem Augenblicke dieses Ausfließens durch c sollte sich die Wassersäule bei b theilen; aber alsdann würde ein leerer Raum entstehen: die äußere Luft strebt daher diesen leeren Raum augenblicks zu erfüllen; hebt das Wasser, welches ihr im Wege steht empor (Hydr.); und ersetzt bei b das durch c abfließende Wasser so lange, als lange der kürzere Schenkel im Wasser eingetaucht, oder das Wasser innerhalb dem Gefäße nicht über die der Oeffnung c herabgesunken ist.

I. Die Bedingungen eines ausgießenden Hebers sind also, daß 1. die einsaugende Oeffnung a unter dem Flüssigen sich befinde, und **2. daß die ausgießende Oeffnung tiefer als die Wasseroberfläche stehe.**

II. Es muß deßhalb aus dem **kürzern** Arme b c Fig. 5. das Wasser ausfließen, solange die Oeffnung c tiefer als die Wasseroberfläche m n steht.

**III. Es ist also nicht allgemein richtig, daß nur der längere Arm eines ungleichschenklichten Hebers das Wasser ausgieße.**

IV. Und die Figur der Heber, Krümmung, schlangenförmige Gestalt ꝛc. ändern nichts an den Wirkungen der Heber.

127.

b. Es sei die Oeffnung des Hebers außerhalb dem Gefässe tiefer als die Oberfläche des Wassers (Fig. 3. Taf. III.). Wird an der Oeffnung c gesangt, so steigt das Wasser empor, und erfüllt dem ganzen Schenkel; läßt man mit den Saugen wieder nach, so fällt das Wasser wieder zurück in das Gefäß durch den Schenkel b a.

Neimlich dorthin bewegt sich das Flüssige im Heber, wohin das grössere Gewicht wirkt (vorherg.): das Wasser ist aber im Schenkel b a gewichtiger als im Schenkel b c: es bewegt sich also das Wasser, welches in der längern Röhre b a ist, gegen das Flüssige im Gefässe. Da sich nun bei b die Säule theilen soll; so treibt der Druck des Luftkreises auch das Flüssige im Schenkel c b demjenigen nach, welches durch b a ausfließt (vorherg.).

128.

c. Es stehe endlich die Oeffnung des Hebers c gleich hoch mit dem Flüssigen (Fig. 4. Taf. III.)! Saugt man an c; so, werden wieder beide Schenkel voll Wasser; weil aber das Gewicht des Flüssigen in beiden Schenkeln ab und bc gleich ist, so ist nichts, was bei a und c den gleichen Luftdruck überwinden könnte: es kann also das Wasser im Heber weder durch ba zurückfallen noch durch bc ausfließen.

* Man hat die Heber von jeher angewandt zum Nutzen und zum Vergnügen: also

129.

## Anwendung der Heber zum Nutzen.

Man bedient sich des Hebers im häuslichen Leben, in Wein- und Bierkellern, um Wein oder Bier aus den Fässern auszuheben. — Von diesem Gebrauche her haben die Stechheber, antlia oenopolarum, ihren Namen. Ein Stechheber besteht aus einer Röhre, die unten etwas eng und oben bauchigt ist (Fig. 9. Taf. III.). Senkt man dieses Werkzeug in ein Faß durch

das



das Spundloch, so steigt in ihm das Flüssige zur Höhe, zu welcher es im Faß steht, nach hydrostatischen Gesetzen (96.). Schließt man dann die Oeffnung a mit aufgedrücktem Daumen, und zieht die Röhre heraus, so fließen einige Tropfen aus: dadurch verdünnt sich die Luft oberhalb dem Flüssigen in dem Raume b; und da hindert denn die äußere Luft mit ihrem Drucke gegen c das weitere Ausfließen.

Die nützlichste Anwendung der Heber wäre jene, welche schon 1601 Joh. Bapt. **Porta** vorgeschlagen hat, nemlich das Wasser über die Berge zu leiten. — Der Vorschlag ist auch ausführbar; aber der Berg darf nicht über 32 Schuhe hoch sein (124.).

U. s. w.

130.

## Anwendung der Heber zum Vergnügen.

Schon **Heron** hat die Heber zur Belustigung angewandt; sein Diabetes ist Zeuge hievon. Es wurden nachher mehrere ähnliche Kunstheber verfertigt; ich zähle hieher:

a. die Heberfontains,
b. den magischen Becher,
c. die Zaubertonne,
d. den Zaubertrichter,
e. die Kunstbrunnen.

## 131.

### a. Heberfontains.

Man giebt dem Heber eine Gestalt die ähnlich ist jener, die ich (Fig. 6. Taf. III.) abgezeichnet habe. Man läßt neimlich bei a den Heber in ein dünnes Röhrchen auslaufen; man senkt ihn mit dem einen Schenkel n b in das Flüssige ein, und saugt an der Oeffnung a. — —

Erfolg. Der Heber wird mit dem Flüssigen erfüllt, und springt bei a beinahe bis zur Höhe m empor (118.) so lange, als n b im Flüssigen steht (126.).

* Man versieht solche Fontains mit verschieden geformten Aufssetzröhrchen, und giebt dem Experiment ein noch belustigenders Ansehen.

132.

## b. Magischer Becher.

Auch Vexierbecher genannt (der Diabetes des Heron). In einem Becher (Fig. 7. Taf. III.) ist ein Heber also eingemacht, daß der eine Schenkel b c durch den Fuß des Bechers geht; die Oeffnung des andern aber dicht am Boden desselben ist, und seine Krümmung etwas unter dem Rande steht. Setzt man den Becher auf einen Präsentirteller, und gießt z. B. Wein darein so, daß der Heber davon ganz bedeckt wird; so

Erfolg. fließt der Wein durch den längern Schenkel; und ehe man sichs versieht, ist der Becher leer. —

Nemlich hier tritt der Fall ein, den wir eben 126. angegeben und erklärt haben.

133.

## c. Die Zaubertonne.

Man füllt das Fäßchen A B (Fig. 8. Taf. III.) welches durch eine Scheidewand a b in zwei Höhlungen getheilt ist, auf der Seite C mit Wein bis etwa auf die Hälfte c d. Her-

nach

nach steckt man den Trichter D recht anpassend in das Spundloch a, und gießt Wasser in die Höhlung E. Itzt öffnet man den Hahn h; und der

Erfolg ist, daß bei l auslauft — Wein.

Nemlich das in die Höhlung E gegossene Wasser drückt die darinn enthaltene Luft; diese weicht dem Drucke, und geht durch den Heber efg in die Abtheilung C; da drückt sie dann auf die Oberfläche des Weines cd, und treibt den Wein durch die Röhre ikl heraus.

* Da Wasser in das Fäßchen gegossen wird, und Wein durch den Hahn herausläuft, so ist dieß den Unkundigen eine magische Erscheinung: daher der Ausdruck „Zaubertonne"! — Aus ähnlichem Grunde kommt die folgende Benennung.

134.

d. Zaubertrichter.

Wird in den Trichter A (Fig. 10. Taf. III.) z. B. Wasser gegossen, während daß man bei f die Oeffnung zuhält; so wird nicht nur der Trichter A sondern auch der Raum bec, der sich zwischen ihm und dem darüber gemachten

be-

befindet, voll Wasser. Nun schließt man mit dem Daumen die Oeffnung d, welche mit dem Zwischenraum bec Communication hat, und gießt das Wasser aus dem Trichter A rein aus. Der Zuschauer sieht den Trichter leer. Itzt rückt man aber den Daumen von der Oeffnung d, und

**Erfolg:** alsobald gießt der Trichter durch die Oeffnung f von Neuem Wasser aus.

Nemlich d ist die Oeffnung eines Stechhebers — diese Erscheinung hat also auch einerlei Erklärung mit ihm (129.).

135.

## e. Kunstbrunnen.

1. Unter den ältesten Kunstbrunnen ist jener des Heron. Ich gebe ihn unter folgender Form. In das Gefäß AB (Fig. 11. Taf. III.) wird durch die Oeffnung a Wasser gegossen, daß es etwas über die Hälfte erfüllt werde. Die Oeffnung a wird hierauf mit Klebwachs zugemacht. Itzt gießt man Wasser in den obern Theil des Gefässes bc:

Er:

**Erfolg.** Alsobald spritzt das Wasser aus der Röhre g auf eine ansehnliche Höhe.

Nemlich, das in bc aufgegossene Wasser fällt gemäß seiner Schwere durch die Röhre ch in das untere Gefäß C; die in diesem Gefässe enthaltene Luft weicht dem Drucke, geht durch die Röhre de, drückt auf die Oberfläche des Wassers AB, und treibt das Wasser durch die Röhre fg.

2. Ein ähnlicher Brunnen ist jener des **Kirchers** (Fig. 12. Taf. III.). Das Gefäß AB ist durch eine Scheidewand in zwei Theile C und D abgetheilt. Man füllt diese beide Behälter C und D bis über die Hälfte mit Wasser. In das Gefäßlein E wird auch Wasser gegossen so viel, daß a (die Oeffnung der Röhre abc) unter Wasser sich befindet. Itzt öffnet man den Hahn F und hernach den Hahn I:

**Erfolg.** Die Röhre ab saugt Wasser aus dem Gefässe E ein, und die Röhre kl gießt Wasser aus.

Nemlich, sobald der Hahn F geöffnet wird, fällt das Wasser vermöge seiner Schwere aus

D

D durch die Röhre d e in das untere Gefäß G; da entsteht dann in D eine verdünnte Luft: der Luftkreis drückt daher das Wasser in E durch die Oeffnung a die und Röhre a b c in den verdünnten Luftraum D. — Inzwischen wird durch das Wasser, welches durch d e fällt, die Luft innerhalb G gedrückt; diese breitet sich durch die Röhre f g in den Raum C aus, drückt hier auf die Wasseroberfläche A h, und treibt es durch die Röhre i k l in das Gefäß E.

* Dieses Experiment wird noch auffallender, wenn in die Abtheilung C Wein gegossen wird, und die Röhren a b c und i k l eine Verkleidung erhalten, so daß etwa a b c eine Schlange und i k l einen Adler vorstellt; denn unter dieser Anrichtung trinkt die Schlange Wasser ein, und der Adler gießt Wein aus.

3. Man füllt das Gefäß A B (Fig. 13. Taf. III.) bis über die Hälfte mit Wasser durch eine Oeffnung a. Nachdem diese Oeffnung luftdicht zugespundet worden, zündet man die Lampen c und d an.

Erfolg. Aus dem Röhrchen g spritzt das Wasser mächtig empor.

Nem=

Nemlich, durch die Hitze des Lampenfeuers wird die Luft innerhalb dem Gefässe C ausgespannt; die ausgespannte Luft dehnt sich durch die Röhren bc und ef aus, und drückt so kräftig auf die Oberfläche des Wassers AB, daß es gedrängt sich durch hg bewegt, und durch das Spritzröhrchen g hervorspringt.

* Dieser Brunnen heißt von seinem Erfinder her **Wolfsbrunnen.**

4. Man schraubt das Gefäß AB (Fig. 14. Taf. III.), welches bis über die Hälfte mit Wasser gefüllt ist, auf die Luftpumpe (Fig. 23.) und treibt die Luft aus dem Stiefel AB in dasselbe hinein. Der Hahn ab des Gefässes wird alsdann so gestellt, daß die Luft eingeschlossen bleibt; hierauf wird das Gefäß von der Luftpumpe abgenommen, und oben bei c mit einem spitzig zugehenden Röhrchen versehen. Itzt wendet man den Hahn ab.

**Erfolg.** Das Wasser dringt mit Gewalt aus c hervor und springt auf eine beträchtliche Höhe.

Nemlich, die durch die Verdichtung verstärkte Federkraft der Luft äußert einen mächti-

gen



gen Druck auf das Wasser AB, stößt es daher mit solcher Gewalt durch die Röhre fc fort.

5. Wird das Gefäß ABC beinahe ganz mit Wasser gefüllt, und hernach auf die Schüssel DE über die kleine Oeffnung x gestellt, so fließt das Wasser seiner Schwere gemäß aus dem Gefässe ABC durch die Röhrchen fghi. Im Raume d oberhalb dem Wasser bc wird durch diesen Abfluß des Wassers die Luft verdünnt; aber sogleich wieder durch die äußere Luft, welche durch die Oeffnung o und die Röhre xed zufließt, ersetzt — so lange das Wasser, welches durch vier Röhrchen zufließt und durch Eine Oeffnung x abfließt, nicht über mn anschwillt; denn erreicht das Wasser die Höhe mn, so ist die Oeffnung x verstopft, und der Zufluß der Luft durch xed gehindert; da wird dann die Luft im Gefässe AB oberhalb bc wirklich verdünnt, und so hindert der Druck der äußern Luft das weitere Ausfließen des Wassers durch die Röhrchen fghi: es erfolgt ein Stillstand des Quellens. — Inzwischen läuft das Wasser vermöge seiner Schwere durch die Oeffnung x ab, der Luft wird wieder der Zutritt durch

durch die Röhre x e d eröffnet, und zwischen der innern Luft oberhalb b c und der äußern das Gleichgewicht hergestellt. Nun quillt das Wasser wieder durch die Röhrchen f g h i. —

U. s. w.

* Dieser Brunnen heißt von seiner Wirkung her intermittirender, oder auch Gehorsamsbrunnen fons obedientiae, weil er dem Befehle des Künstlers zu gehorchen scheint.

** Wir zeigen alle angeführte Maschinen und Werkzeuge vor, und stellen damit die Versuche an.

136.

## B. Pumpwerk.

Begriff, Benennungen und Einrichtung ꝛc.

1. Eine Maschine, mittels welcher das Wasser in einer Röhre durch Auf = und Niederdrücken eines festanschließenden Stempels erhoben wird, heißt ein **Pumpwerk**, antlia eleuatoria.

2. Die Röhre A B C D (Fig. 16. Taf. III.) heißt der Stiefel. Der dem Stiefel genau anpassende Körper a b wird der Stempel oder der **Kolben**, **Kolbenstock**, embulus; die daran

be=

befestigte Stange c d, die **Kolbenstange**; der Theil des Stiefels m n, woraus das emporgehobene Wasser ausfließt, das **Gußrohr**; der Hebel d e f der Schwengel genennt.

3. Der Stempel a b ist in der Mitte durchbort, und die Oeffnung mit einer solchen Anrichtung versehen, welche das Wasser über den Stempel hinaufstreten, aber nicht wider durch dieselbe zurückfallen läßt: diese Anrichtung nennt man **Klappe** oder **Ventile**.

4. Eine ähnliche Klappe ist auch an der untern Oeffnung des Stiefels CD angebracht.

137.

## Gebrauch.

1. Es wird der untere Theil des Stiefels CD in das Wasser gebracht und eingetaucht, und der Stempel bis auf seine unterste Stelle hinabgetrieben. Itzt hebt man den Stempel mittels des Hebels f e d empor: es entsteht zwischen dem Stempel und dem Boden CD ein luftleerer Raum; der Luftkreis drückt also das Wasser durch die untere Klappe; und der Raum

zwi=

zwischen dem Stempel und dem Boden des Stiefels wird erfüllt mit Wasser.

2. Treibt man den Stempel wieder an seine unterste Stelle, so schließt das gedrückte Wasser die untere Klappe zu; öffnet dagegen jene des Stempels, und arbeitet sich über dasselbe bis g h empor.

3. Nun wird der Stempel wieder aufgezogen: die Klappe des Stempels schließt sich durch den Druck des Wassers oberhalb ihrer; und das Wasser wird erhoben bis i k. Inzwischen dringt das Wasser durch die untere Klappe wieder ein in den Stiefel.

4. Der Stempel wird abermal herabgestossen, und dadurch das eingedrungene Wasser wieder durch die Klappe des Stempels getrieben.

5. Itzt erhebt man den Stempel noch einmal, und mit diesem die Wassersäule bis o x: da quillt dann das Wasser durch das Gußrohr n m hervor.

I. Das Aufsteigen des Stempels verursacht im Stiefel einen luftleeren Raum, gleicht also

einem **Saugen**: die Pumpe mag daher auch **Saugwerk**, antlia suctoria genannt werden.

* Diese Einrichtung fodert, daß der Stempel **unmittelbar** an den Boden des Stiefels und an das Ventile anliege, um alle **Luft auszuschließen**, weil sonst der Raum zwischen dem Boden C D und dem Stempel a b nie ganz luftleer werden, mithin ein **schädlicher Raum**, Vacuum nociuum dasein würde.

** Hat man die Absicht das Wasser auf beträchtliche Höhen zu leiten, wie der Fall bei Aufführung eines **hohen Gebäudes** oder in **Bergwerken** ist, so ist eine Anrichtung nöthig, die genennt wird „**hoher Satz**“. Man setzt nemlich über den Stiefel A B ein **Aufsatz**: oder **Steigrohr** d. h. man verlängert die Röhre A B C D auf eine beträchtliche Höhe. Da wird dann das Wasser durch den Zug des Stempels auf 39—40 Ellen erhoben. — Will man noch mehr Höhe erreichen, so werden mehrere solche Sätze übereinander gebracht, so daß der untere das Wasser in einen Behälter gießt, aus dem der folgende das Wasser wieder auf 39—40 Ellen hebt, und so weiter. Auf solche Weise wird man in Stand gesetzt, das Wasser auf viele hundert Ellen zu erheben.

*** Daß man nicht nöthig hat, den Kolben bis auf den Boden des Stiefels herabzustossen; so macht man unten bei C D eine Röhre an, die etwas enger ist als der Stiefel; diese

läßt

läßt man in das Wasser hinabgehen, und hat Bestimmung, daß sie das Wasser nach den Gesetzen beim Saugen (124.) bis auf 32 Schuhe erhebe: wo es dann der Stempel nach der eben vorher gegebenen Erklärung weiter in die Höhe schaffen kann. Das unten angemachte Rohr heißt von seiner Verrichtung her **Saugrohr** (**Ansteckelkiel**).

**** Der Stempel hebt nur Wasser bei seinem **Aufsteigen**: man vereint daher auch gerne zwei Saugwerke, um einen continuirlichen Ausfluß des Wassers zu erwircken dadurch, daß während einer niedersinkt, der andere steigt, alsdann wird die Maschine genennt ein **doppeltes Saugwerk**.

138.

Die **Kolben** und **Ventile** sind Haupttheile bei einem Pumpwerke: die Verfertigung derselben fodert daher Fleiß und Genauigkeit.

Die **Kolben** werden aus runden Scheiben von gutem Pfundleder gemacht; man reihet sie an einen Polzen, und preßt sie zwischen zwei metallenen Platten fest zusammen; sie müssen genau an den Stiefel anschließen und weder Luft noch Wasser durchlassen, nebenbei aber sich doch nicht allzustark reiben. — Die Oeffnung, welche

darein gebort ist, muß möglichst weit sein, um viel Wasser auf einmal leicht durch zu lassen.

Die schlechtesten Ventile sind jene aus Leder (Fig. 17. Taf. III.). Man giebt ihnen eine runde Figur, und nagelt sie über das Loch im Boden des Stiefels und über den Kolbenstock. — Sie werden auch aus Kupferplatten mit Gewinden (Fig. 18.) verfertigt; die Kupferplatten überzieht man mit dünnem Leder und bringt darüber eine Feder an, um das Zurückfallen zu beschleunigen. — Die dauerhaftesten sind die Kegelventile (Fig. 19.). Es wird eine Höhlung eines abgekürzten Kegels ausgeschnitten. Der Deckel wird dieser Höhlung genau angepaßt, und mit einem Kopf m versehen, daß er nie ganz heraus gehen kann. Der Druck des Wassers erhebt ihn, und sein eigen Gewicht und das Gewicht des über ihn liegenden Wassers treibt ihn in seine Stelle zurück.

139.

Um die Bewegung der Kolbenstangen leicht zu bewirken, werden sie durch Aerme (Krümsen) an sogenannten Schachtstangen befe-

stigt,

stigt, und durch diese an einen Balken, die Wage genannt, angehängt. Die Wage wird dann durch eine Kraft z. B. durch ein Wasserrad hin- und hergewendet, und damit werden auch die daran befindlichen Kolben auf- und abgeführt.

* Leupold (Theatr. machin. hydraul. T. I.) und Belidor (Architect. hydr. I. Th.) geben von Pumpwerken und ihren Theilen Abbildungen und vortrefliche praktische Anleitungen ꝛc.

## III. Bewegung des Wassers durch Druckwerke.

140.

Eine Pumpe, in welcher das Wasser durch die Gewalt des Kolbens in andere Röhren getrieben wird, die mit dem Stiefel (seitwärts oder auch abwärts) verbunden sind, wird genennt ein Druckwerk, antlia compressoria.

141.

1. Ich stelle (Fig. 20. Taf. I.) ein Druckwerk mit zwei Stiefeln AB und CB vor. D ist die gemeinschaftliche Röhre, in welche durch die

Sei-

Seitenröhren a b und b c das Wasser getrieben, und dann weiter durch das Rohr E fortgestossen wird.

2. Am Boden der Siefel bei F und G sind Ventile angebracht, die sich aufwärts öffnen. Die Stempel sind nicht durchlöchert, sondern ganz und ohne Klappen. In dem Gefässe D enden sich die Röhren a b und b c auch in Ventile, die sich einwärts aufthun.

3. Wird nun der Stempel H, den wir ganz an das Ventile F angedrückt annehmen, in die Höhe gezogen; so öffnet sich eben dieses Ventile, und der Raum zwischen dem Stempel und dem Boden des Stiefels wird mit Wasser erfüllt (137.). Stößt man den Kolben wieder hinab; so fällt sogleich das Ventile F zu, und das Wasser wird durch die Gewalt des pressenden Kolben durch die Röhre a b in das Gefäß D getrieben.

4. Erhebt man den Stempel wieder, so schließt der Druck des Wassers innerhalb D die Klappe d; dagegen öffnet sich das Ventile F — und so weiter.

5. Ist das Druckwerk doppelt alswie bei Fig. 20, und steigt der Stempel I, während daß H herabsteigt; und drückt dieser herab, während daß jener steigt; so wird das Hineinspritzen des Wassers in das Gefäß D beschleunigt und in der nemlichen Zeit noch so viel Wasser durch die Röhre E fortgeschaft, als bei einer Maschine mit Einem Stiefel.

I. Ein **Druckwerk** ist daher immer ein **Saugwerk** zugleich.

* Das berühmteste Druckwerk ist jenes zu **Marly**, welches **Ludwig** der XIV. erbauen ließ; es arbeiteten daran 1800 Menschen sieben Jahre lang 2c.

### 142.

Hat man mit einem Druckwerke die Absicht, das Wasser durch die Mündung eines Aufsatzrohrs auf eine grosse Weite oder Höhe hinauszutreiben; so heißt die Maschine, die zu dieser Absicht dient, eine **Sprize**, und da man solche braucht, Feuer zu löschen, eine **Feuersprize**.

143.

143.

Eine Feuerspritze versieht man an der gemeinschaftlichen Röhre, worein das Wasser gestossen wird, mit einem beweglichen und etwas engen Gußrohr; im übrigen kommt sie mit einem Druckwerke überhaupt überein (141.).

* Ist das Druckwerk so einfach, daß es Eine Person regieren kann, so nennt man es Handspritze. — Grosse Feuerspritzen sind allemal doppelte Druckwerke (141. 5.); diese heißen auch Stoßspritzen, weil in dem Augenblicke, wo die Kolben wechseln, allemal ein Absatz eine Pause im Einströmen des Wassers in die gemeinschaftliche Röhre entsteht. — Um diese Pause zu verhindern, wird beim Druckwerke ein kupfernes luftdichtes Gefäß (ein Windkessel) angebracht, in diesem wird durch das hineingegossene Wasser die Luft gepreßt, die dann mit ihrer verstärkten Federkraft das Wasser continuirlich drückt, und zur Spritzröhre ununterbrochen hinausjagt.

** Das Gußrohr wird entweder ganz von Metall gemacht, oder es besteht aus einem ledernen Schlauch; jene heißt man Giebelspritzen, diese Schlauch- oder Schlangenspritzen. Die letztern gewähren den schätzbaren Nutzen, daß man die Schläuche innerhalb einem Gebäude brauchen, sie über

Stie-

Stiegen tragen, und bei der Quelle des Brandes anwenden kann ꝛc.

*** Man mag hierüber seine Erkenntniß erweitern aus Klügel, von der besten Anordnung der Feuerspritzen ꝛc. Hesse, praktische Abhandlung zur Verbesserung der Feuerspritzen ꝛc. Karsten, Lehrbegriff der gesammten Mathematik, Hydraulik ꝛc.

## IV. Bewegung des Wassers durch Schöpfwerke.

144.

Hieher rechne ich 1. die **Wasserschraube** 2. die Schöpfräder 3. das Paternosterwerk 4. die Schöpfkette 5. die **Wasserkunst**.

145.

### 1. Die Wasserschraube.

1. Ist eine der ältesten Wassermaschinen; die Erfindung derselben wird dem Archimedes zugeschrieben, woher sie auch cochlea Archimedis genennt wird; sie mag aber wohl viel älter sein. Es sollen sich schon die alten Egyptier dieser Maschine bedient haben, um das Was-



Wasser aus den Wiesen zu schöpfen, welche der Nil überschwemt hatte.

2. Sie besteht aus einer bleiernen Röhre, die wie ein Schraubengang um die schiefliegende Spindel herum gewunden ist (Fig. 21. Taf. III.).

3. Wenn die untere Oeffnung a unter dem Wasser steht, so tritt dieses vermöge seiner Schwere in die Röhre, und füllet einen Theil der Röhre. Wird die Spindel AB durch die Kurbel C umgedreht so, daß die Oeffnung a vorangeht, so wird das eingetretene Wasser nach und nach durch alle Schraubengänge durchgeführt, und bei b ausgegossen.

* Die ausführliche Theorie dieser Maschine ist sehr schwer und gehört in die Hydrodynamik. Hier bemerke ich nur, daß die Schraube also gestellt werden muß, daß sie mit dem Horizon höchstens einen Winkel von 45 Graden macht. — Sie dient auch nur, das Wasser auf geringe Höhen zu führen, und wird daher, außer beim Grundbau, nicht wohl gebraucht.

** Zwischen den Gängen der ersten Röhre können noch eine zweite und dritte angelegt werden: daher die Namen, doppelte, dreifache, Wasserschraube.

*** Es

*** Es läßt schwer, bleierne Schraubengänge um die Spindel herumzulegen: es werden deßhalb noch andere den Tonnen ähnliche Maschinen gebauet, worinn Schaufeln nach Art einer Wendeltreppe herumliegen; aber auch durch diese Anrichtung ist das Wasser nur auf geringe Höhen zu bringen. In Holland sind die Tonnenmühlen Maschinen dieser Art.

146.

2. Schöpfräder.

Sind solche Räder, an denen zwischen zwei Schaufeln hin und wieder Kästchen eingemacht sind, die an der Seiten offen, an der Stirne aber geschlossen sind. Hängt das Rad ein wenig im Wasser, so schöpfen die Kästchen Wasser, und gießen es, wenn sie in die Höhe kommen, wieder aus.

147.

3. Das Paternosterwerk und 4. die Schöpfkette.

1. Das Paternosterwerk ist eine Maschine, wobei durch eine Röhre, die vertical im Wasser steht, ein Seil oder Kette mit ledernen

Ku=

Kugeln geht, und indem dieses durch die Röhre mittels einer Welle durchgezogen wird, das Wasser von einer Tiefe in die Höhe gehoben wird.

2. Eine **Schöpfkette** ist eine Maschine, wobei an zwei Seilen oder Ketten Eimer angemacht sind, und in diesen das Wasser in die Höhe getragen wird.

* Ich zeige diese Maschinen im Modelle vor, und umgehe eine weitläuftigere Beschreibung um so viel lieber, weil die erste kostbar und der Reparation zu sehr unterworfen ist; an der letzten aber die Seile bald reißen, oder die Ketten bei der Winterkälte springen: statt solcher Maschinen werden daher **Pump-** und **Druckwerke** vortheilhafter gebraucht.

148.

## 5. Die Wasserkunst.

1. Maschinen, welche das Wasser auf gewisse Höhen heben sollen, um es von da aus in mehrere tiefer liegende Orte zu vertheilen, heißen eine **Wasserkunst**.

2. Es muß der Absicht dieser Maschine gemäß ein Thurm oder ein ander Gebäud errich-

tet

tet werden, das zu den Orten z. B. in den Häusern einer Stadt, wohin das Wasser geführt werden soll, eine verhältnißmässige Höhe hat.

3. In diesem Gebäude legt man ein Saugwerk oder Druckwerk oder eine Schöpfmaschine an, die in hinlänglicher Menge Wasser zuführen, und durch eine äußere Kraft, etwa durch ein fließend Wasser, durch Thiere 2c. in Bewegung gesetzt werden.

4. Oben im Thurme wird ein **Wasserkessel** angebracht, in den das erhobene Wasser sich ergießt.

5. In dem **Boden** dieses Wasserkessels wird eine Röhre angemacht, dadurch das Wasser wieder herunterfallen kann.

6. Am Fuße des Gebäudes verbindet man mit der herabgehenden Röhre mehrere andere, und leitet diese unter der Erde, horizontal oder bergan, bis an die Stelle, wo das Wasser quillen oder springen soll.

I. Der **Kessel** ist im Grunde das, was wir oben (119. 2.) eine **Wasserstube** nannten;

die



die Ableitungsröhre kommt mit den Teicheln (ebendas.) überein; und die ganze Anrichtung ist jener ähnlich, die wir in dieser Numer beschrieben: es ist daher eine Wasserkunst ganz nach den hydrostatischen Gesetzen zu veranstalten, und die Wirkungen des Wassers dabei aus eben denselben Gründen zu erklären.

* In dem Kessel wird noch eine besondere kleinere Röhre angebracht, die aus dem Boden herauf bis nahe zum Rande geht, und die Bestimmung hat, das überflüssige Wasser abzuführen, und das Ueberlaufen im Kessel zu verhüten.



# VI.

## Vom Gleichgewichte elastischflüssiger Stoffe.

### (Aerostatik.)

149.

Die Lehre vom Gleichgewichte der eastischflüssigen (luftartigen) Stoffe ist die Aerostatik.

* Das Gleichgewicht erfolgt aus gleicher Wirkung und Gegenwirkung — aus gleichem Druck und Gegendruck (52.): der Druck und Gegendruck oder das Gleichgewicht kann bei luftartigen Stoffen zweifach betrachtet werden:

A. das Gleichgewicht der elastisch Flüssigen unter sich einander, und

B.

B. das Gleichgewicht derselben mit andern Körpern.

150.

A. Vom Gleichgewichte luftartiger Stoffe unter sich einander.

Jedes elastische Flüssige ist schwer, drückt also im Verhältniß der Menge seiner Theile auf den Boden, auf welchen es aufliegt:

I. Es ist also der gesammte Druck, womit ein elastisch Flüssiges den Boden, oder einen Horizontaldurchschnitt drücke, dem Gewichte der gesammten aufliegenden Masse gleich.

Die gemeine Luft, die wir einathmen, die sich aller Orten um unsher befindet, und die ganze Erde bis auf eine beträchtliche Höhe umfließet, ist eine flüssige und sehr elastische Materie (Theorie der Luft): es sind also die Luftschichten, die untenzu sich befinden, von dem Gewichte der aufliegenden immer zusammengedrückt: — es fährt auch wirklich auf einem hohen Berge die Luft heraus aus den

Ge-

Gefässe, das man in der Ebene mit einem Hahn luftdicht verschlossen hat.

I. Je höher also die aufliegende Luft ist, je grösser ihr Gewicht, oder ihr Druck wie immer mächtiger, in desto kleinern, engern Raum muß die nemliche Quantität Luft gepreßt, — d. i. desto dichter muß die gedrückte Luft werden.

II. Nimmt der Druck der aufliegenden Luftsäule wie immer ab, so dehnt sich die gedrückte Luft in einen weitern Raum — sie wird dünner.

III. Es ist also die Dichtigkeit der Luft, unter dem nemlichen Umständen, im Verhältniß des Druckes.

IV. Da nun in verschiedenen Höhen die aufliegende Luftsäule länger oder kürzer, mithin leichter oder gewichtiger ist; so besteht die Luftsäule, die auf eine gewisse Fläche drückt, aus unzählig vielen übereinander liegenden Schichten von sehr kleinen Höhen, deren jede ihre eigene Dichtigkeit hat. —

151.

Die obere Luft drückt auf die untere, und preßt diese in einen engern Raum zusammen (vorherg.): es muß also im Gleichgewichte der zusammendrückenden Gewalt eine gleiche entgegengesezte die Wage halten. Es wirkt aber der zusammenpreßenden Gewalt nur die Kraft der Luft sich auszubreiten d. i. die Federkraft entgegen: es ist also die Federkraft, womit die zusammengedrückte untere Luft der zusammendrückenden obern das Gleichgewicht hält.

152.

Im Gleichgewichte muß der Gegendruck dem Drucke gleich sein (52.): es drückt aber die Luft mit ihrer Federkraft entgegen (vorherg.): es muß also im Gleichgewichte die Grösse der Federkraft allemal der Grösse des Druckes gleich sein.

I. Je dichter also bei gleichen Umständen die Luft ist desto elastischer ist sie, und umgekehrt.

II.

II. Die Federkraft der Luft verhält sich also umgekehrt wie der Raum, den eine gleiche Menge Luft einimmt: oder die **Federkraft der Luft verhält sich wie ihre Dichtigkeit.**

* Dieses Gesetz ist unter dem Namen „Mariottisches" bekannt geworden; gilt aber nur solange in seiner ganzen Strenge als lange die Zusammendrückung ihr Maximum noch nicht erreicht hat; denn in diesem Falle widersteht sie einem grössern Drucke ohne Verminderung des Raums... Winkler hat das Gesetz des Mariottes noch beim achtfach verminderten Raume richtig befunden: es taugt daher immer als ein richtiges Gesetz soweit unsere Beobachtungen und Versuche gewöhnlich reichen; denn bemühet man sich durch Compressionsmaschinen die Zusammendrückung der Luft sehr hoch zu treiben, so zersprengt sie die festesten Gefässe — Boile hat die Luft 13mal, Hales durch Einschlagung eines Zapfens in eine Bombe 30mal verdichtet.

153.

**Werden zwei Räume (zwei Zimmer) in Verbindung gesetzt, in deren einem A die Luft elastischer ist, als in dem andern B, so wird aus A so viel Luft in B überströmmen, bis die Luft in beiden einerlei Elasticität hat; — denn eher ist Druck und Gegendruck nicht gleich: als früher keine Ruhe.**

154.

Die Luft in unsern Wohnzimmern steht mit der Luft im Freien in ståter Verbindung durch Thůren, Fenster und andere Oeffnungen: da nun alle Flůssige im nemlichen Horizontaldurchschnitte einen gleichen Druck leiden und ausůben (92.); so wird die Luft in unsern Zimmern eben so gedrůckt, als wie jene im Freien bei gleicher Tiefe; und drůckt auf angrenzende Kőrper wie diese.

* Aus dem nemlichen Grunde leidet auch eine Luft in Gefåssen eingesperrt den nemlichen Druck, den die freie leidet, und ůbet den nemlichen Druck auch aus auf den Boden und die Wånde des Gefåsses, den die freie Luft darauf ausůbet... Da aber jede Luftsåule aus unzåhlig vielen ůbereinander liegenden Schichten von ungleicher Dichte besteht (150. IV.); so erhellet, daß es schwer sei, den Druck der Luft auf den Boden und jedes kleine Stůck der Seiten eines verschlossenen luftvollen Gefåsses zu bestimmen. Dazu wird hőhere Mathematik (Aerodynamik) erfodert: Karsten, Anfangsg. der math. Wissensch. Aerostatik ꝛc.

155.

Der Druck einer aufliegenden Luftmasse bringt mehrere elastische Lufttheilchen in einen gegebenen

nen

nen Raum, und vergrössert dadurch die Anzahl der sich ausspannender Theile, und dadurch die Federkraft einer Luftportion in einem gegebenen Raume: wird daher die aufligende Masse vermehrt, so wächst die Federkraft (151.). — Es kann aber geschehen, daß bei der nemlichen drückenden Luftmasse

die **Wärme und Kälte**
**Feuchte und Trockenheit**
und fremdartige Theile, die der Luft beigemischt sind,

eine große Aenderung in der Federkraft der Lufttheilchen hervorbringe: ausführlicher! —

156.

## Aenderungen der Federkraft durch die Wärme.

Die Wärme verstärkt die Federkraft der elastisch Flüssigen... Ist z. B. die Luft 1. eingeschlossen, daß sich ihre Dichtigkeit durch Ausbreitung nicht ändern kann; so drückt sie viel stärker auf die Wände, die sie einschließen. Eine etwas straf aufgeblasene Lamsblase zerreißt durch den Druck der eingeschlossenen Luft mit einem Knall, wenn sie aber eine Kohlenglut gehalten wird.



2. Hat die erwärmte Luft Raum, sich auszubreiten, so überwindet sie den Druck der kalten Luft, und dehnt sich so lange aus, bis ihre Dichtigkeit in dem Maaße geringer ist, in welchem ihre Federkraft durch die Wärme grösser geworden... Wird ein Gefäß mit einer engern Röhre über das Feuer gebracht, und die Luft in demselben auf solche Weise erhitzt, so dehnt sich die Luft durch die enge Röhre aus, und verdünnt sich mächtig; denn hält man die Oeffnung des Gefässes, nach dessen Erwärmung unter Wasser, und kühlet das Gefäß ab, so dringt das Wasser in das Gefäß; — sobald nemlich die Luft wieder erkaltet, nimmt ihre Federkraft ab, und sie zieht sich zusammen, da prävalirt dann der Druck der äußern Luft, und treibt das Wasser durch die enge Röhre in das Gefäß.

* Die Menge des Wassers, welches in das Gefäß getrieben wird, ist daher ein **Maaß von der Grösse der Ausdehnung der Luft durch die Hitze.** — Allein, es läßt sich dennoch das Gesetz, nach welchem die Wärme die Luft ausdehnet, weder durch dieses Instrument noch durch ein anders Mittel genau bestimmen, weil sich in der Luft immer fremdartige Theile befinden, und es daher immer ungewiß bleibt, wasfür eine Ausdehnung und Federkraft der eigentlichen

Luft

Luft zukommt. Amantons stellte am ersten Versuche an, und schloß aus seinen Beobachtungen, daß die Ausdehnung der Luft bei einer Temperatur vom Eispuncte bis zum Siedepunct etwa $\frac{2}{5}$ betrage. — **Lambert**, **de Luc**, **Roy**, **de Saussure** 2c. gaben verschieden Resultate ihrer Beobachtungen an. **De Lucs** Angabe hält zwischen allen ziemlich das Mittel, und kommt mit jener des **Amantons** überein. Nach diesem fleißigen Naturforscher beträgt die Veränderung der Federkraft der Luft vom Eispuncte bis zum Siedepunct ohngefähr zwei Fünftel — **Mayer** giebt als allgemeines Gesetz an, daß sich die Differenzen der Räume, in die sich ein Körper ausdehnt, wie die Differenzen der Temperaturen verhalten; — leitet daraus die Differenzialformul ab, daß **die blos von der Wärme herrührende Veränderung der Federkraft der Aenderung der Wärme selbst proportional** sei; und behauptet **de Lucs** Bestimmung sei in allen Fällen so zureichend, daß sie keiner weitern Verbesserung bedürfe. (Phys. mathem. Abh. über das Abmessen der Wärme 2c. Frankfurt. 1786.).

157.

## Aenderungen der Federkraft der Luft durch die Feuchtigkeit.

**De Saussure** stellte sehr mühesame Versuche und Rechnungen an, um zu untersuchen,

in

in wie ferne die Feuchtigkeit in der Luft Aende-derung hervorbringe: das Resultat war,

daß in verschlossenen Gefässen die Feder-kraft der Luft beim Uebergange von der völligen Trockenheit zur völligen Nässe um $\frac{4}{761}$ oder $\frac{1}{190}$ verstärkt werde.

158.

Aenderungen der Federkraft durch Mischung der Luft.

Die Atmosphäre ist ein Gemisch mehrerer luftartiger Stoffe; sie enthält vornehmlich de-phlogistische, phlogistische, brennbare und fixe Luft (Theorie der Luft).

Jede dieser Luftarten besitzt eine andere specifische Schwere d. i. bei gleichem Drucke eine verschiedene Dichtigkeit, mithin auch verschiedene Elasticitäten (152.): ihre Verbindungen müssen also die Federkraft der Luft verändern.

Nach de Luc rc. verändert sich selbst ein Theil des ausgedünsteten Wassers in ein permanent elastisches Wesen, und mischt sich mit

der

der Luft, die dann wieder die Federkraft der Luft modificiren kann.

Es erhellet daraus, daß hierüber so leicht kein bestimmtes Gesetz angeblich sei.

* Verg. Kramps, Anhang zur Geschichte der Aerostatik. Straßb. 1786.

159.

Aus den Veränderungen, welche die verschiedene Temperatur, der verschiedene Feuchtegrad und die mancherlei Mischungen in der Atmosphäre hervorbringen, erhellet, daß bei der nemlichen Dichtigkeit der Luft ihre Federkraft veränderlich sei.

I. Also ist Grund vorhanden zu unterscheiden eine **absolute** und eine **specifische Federkraft**. — Die **absolute** Federkraft ist die Kraft, womit eine Quantität Luft der zusammendrückenden Gewalt widersteht — ohne irgend einer Rücksicht; die specifische Federkraft ist das Verhältniß zwischen der absoluten Elasticität und der Dichtigkeit einer elastischen Materie; so daß z. B. eine Luft **elastischer** heißt: wenn sie bei **geringerer Dichtigkeit gleich** stark, oder bei

eben-

ebenderselben Dichtigkeit stärker drückt; wenn also die specifische Federkraft = E, die absolute = A und die Dichtigkeit = D; so ist $E = \frac{A}{E}$.

II. Die absolute Federkraft hält im Gleichgewichte allemal dem Drucke die Wage, ist also allemal der drückenden Gewale gleich (152).

III. Je grösser die Federkraft jedes Lufttheilchens, und je mehr solche in einem gegebenen Raume sich befinden, desto grösser muß die absolute Federkraft sein: mithin A = E D.

160.

B. Vom Gleichgewichte luftartiger Stoffe mit andern Körpern.

Hieher rechne ich das Gleichgewicht a. des Luftkreises mit Quecksilber in der Torricellischen Röhre; und b. mit der Aerostatischen Wage.

## 161.

## Veranlassung zur Erfindung der Torricellischen Röhre.

Galiläi bemerkte auf Veranlassung eines Gärtners zu Florenz am ersten, daß das Wasser in den Saugpumpen nie über 32 Schuhe steige. Torricelli sein Schüler, stellte hierüber Versuche an, und gab richtige Erklärung von diesem Phänomen. — Füllt man nemlich eine Röhre, die über 32 Schuhe lang und unten mit einen Hahn versehen ist mit Wasser; verstopft sie oben luftdicht, und öffnet dann den Hahn, so wird das Wasser anfangen auszulaufen; aber auszulaufen aufhören, sobald das Wasser die Höhe von 31—32 Schuhen erreicht hat.

I. Es hält also die Luftsäule mit einer Wassersäule von gleicher Basis und 32 Schuhe Höhe die Wage.

## 162.

### a. Die Torricellische Röhre selbst.

Torricelli bediente sich (1643) zu seinen Versuchen, des Quecksilbers anstatt des Wassers. Die Versuche waren bequemer, und die

Re=

Resutate gewisser. — Wer Verlangen hat, den Versuch nachzumachen, der wählet ein Glasröhrlein, das beiläufig drei Schuhe lang, an einem Ende zugeschmolzen ist, und anderthalb bis zwei Linien im Durchmesser hat; dieses füllt man mit reinem Quecksilber, und bringt es mit dem offenen Ende in ein Gefäßlein, worinn auch etwas wenig Quecksilber ist: den Augenblick sinkt das Quecksilber im Röhrlein herab auf eine gewisse Tiefe, erhebt sich von da aus wieder, macht dann einige Schwingungen, und bleibt endlich in einer Höhe von 27—28 Zollen fest hangen. —

I. Das Quecksilber ist 14mal schwerer als das Wasser: es kommt also der Erfolg dieses Versuches mit jenem des vorigen vollkommen überein.

II. Es ist demnach der Druck der Atmosphäre auf die Fläche z. B. eines Quadratschuhes so groß, als der Druck einer senkrechten Quecksilbersäule, deren Grundfläche einem Quadratschuhe und deren Höhe 28 Zollen gleich ist.

III. Es wird daher ein Quadratschuhe oder eine Fläche von 144 Quadratzollen von der Luft eben=

ebenso gedrückt, als von 144 × 28 = 4032 Cubikzoll Quecksilber; und da ein Cubikzoll Quecksilber beinahe ein halb Pfund wiegt, — gedrückt von $\frac{4032}{2}$ = 2016 Pfund.

* Nach köllnischem Gewicht wiegt ein Cubikzoll Quecksilber 17 Loth 2 $\frac{4}{9}$ Quentchen; der Druck der Luft auf eine Quadratfläche gleicht daher nach diesem Gewicht 2216 $\frac{2}{3}$ Pfund. — Man erklärt sich daraus den starken Zusammenhang der **magdeburgischen Halbkugeln**, Hemispheria magdeburgica, das Zerquetschen der Gefässe durch den Druck der Atmosphäre, wenn aus ihnen die Luft ausgepumpt wird, und ihre Gestalt nicht klocken- oder kugelförmig ist, und andere ähnliche Erscheinungen, wovon in der Theorie der Luft gehandelt wird.

** Eben die Röhre mit Quecksilber, heißt von Torricelli die **Torricellische Röhre**, Tubus Torricellianus — auch **Barometer**, **Baroskop**, weil das Quecksilber fällt und steigt, wenn der Druck der Luft ab- oder zunimmt. — Die nützlichste, und hieher gehörige Anwendung des Barometers ist jene auf Höhenmessungen; also hievon etwas ausführlicher.

163.

Gleich nach der Erfindung der Torricellischen Röhre schöpfte der berühmte Pascal die Vermuthung, daß das Quecksilber auf dem Gipfel eines hohen Berges niedriger stehen müsse als am Fuße desselben, weil auf dem Berge die drückende Luftsäule kürzer und dünner als am Fuße desselben ist. Perrier, der nach Anweisung des Pascals hierüber Versuche anstellte, fand wirklich den 19 Sept. 1663, daß das Quecksilber, welches in einem Klostergarten zu Clermont 26 Zoll 3½ Linie stand, auf der Spitze des Puy-de-Dome auf 23 Zoll 2 Lin. sank: es hieng also das Quecksilber in einer Höhe von 300 Toisen (so hoch ist der Berg) gegen 3 Zoll niedriger als am Fuße des Berges. — Pascal erklärte hieraus die Torricellianische Röhr als ein schicklich Mittel, die Höhe eines Ortes über das andere von ihm entfernte zu messen.

Dreizehn Jahre nachher gab Mariotte eine Regel für die Höhenmessungen mit dem Barometer an die Hand. Er erfuhr, daß das Quecksilber 1 Linie falle, wenn er die Torricellische Röhre vom Keller der pariser Sternwart auf 63

Schu-

Schuhe höher brachte. Um die Rechnung zu erleichtern, nahm Mariotte 60 Schuhe an, auf welche das Quecksilber, das 28 Zoll oder 336 Lin. zeiget, erhoben werden müßte um 335 Lin. zu zeigen.

Nachher haben **Halley**, **Scheuchzer**, **Bernoulli**, **Tobias Mayer**, **de Luc**, **Kramp**, **Hofr. Mayer**, **Hennert** u. a. mit dem Barometer aus nemlicher Absicht mühesame Versuche, Prüfungen und Rechnungen angestellt. — Es genüget hier anzuzeigen, es sei aus Beobachtungen gewiß, daß die Veränderungen des Barometers auf eine große Strecke Landes gleichzeitig, und — wenn die Oerter gleich hoch liegen, gleich stark erfolgen; — — bei nicht allzugroßem Unterschiede der Höhen aber den mittlern Höhen der Quecksilbersäulen proportional seien. . Bei grossen Unterschieden der Höhen hört dieses Gesetz auf, und die Barometerveränderungen werden in der Höhe weit geringer: dieß erschwert aber die Höhenmessungen, und macht sie unsicher.

* Vergl. **Kästner**, von Höhenmessungen ꝛc. 1775; de **Luc** Untersuchungen über die Atmosph. I. und II. Theil. 1778. *Damen*, dis-

dissert. phys. et mathem. de montium altitudine barometro metienda. 1783.

** Durch das Quecksilber in der Torric. Röhre kann auch der Abhang weiter Strecken Landes, oder der Fall der Flüsse nivellirt werden. Man läßt nemlich das Barometer an einem Orte täglich beobachten, und stellt die Beobachtungen an einem andern Orte zu eben der Zeit an, um **gleichzeitige Beobachtungen** zur Berechnung zu bringen — oder man nimmt für jeden Ort die daselbst mittlern Barometerhöhen an. Für die Meeresoberfläche ist nach **Bouguer** der mittlere **Barometerstand** = 28 pariser Zoll 1 Linie.

164.

## b. Aerostatische Wage.

Ein Werkzeug, welches dient zur Abmessung der Veränderungen, welche die Luft in Hinsicht ihrer **Dichtigkeit** leidet, heißt **aerostatische Wage, Manometer**, Manometrum: die Erfindung dieses Werkzeuges, die dem **Otto Guericke** (1661) zugehört, ist ein Resultat der Beobachtungen über das **Gleichgewicht** des **Luftdruckes** und der **Gesetze** desselben. Nemlich —

165.

Gesetze, Einrichtung, Gebrauch ꝛc.

Jeder feste Körper ist in der Luft zu betrachten als eingesenkt in ein Flüssiges: es wird daher ein jeder Körper von der Luft zum Theil getragen, und jeder verliert von seinem Gewichte so viel, als das Gewicht der Luft beträgt, das er von seiner Stelle ausschließt (Hydrost.).

Das Gewicht einer Luftportion, welche die Körper von ihrer Stelle treiben, ist freilich immer gering; indessen wird es bei einer Anstalt doch merklich.

Man hängt nemlich eine hohle Kugel an einen empfindlichen Wagbalken (Fig. 22. Taf. III.), und bringt sie in das Gleichgewicht mit einem Gewichte, das so klein als möglich ist, damit der Raum, den das Gewicht einnimmt, für unbeträchtlich und mithin das Gewicht immer gleich schwer zu halten.

Die Kugel wird von ihrem wahren Gewichte so viel verlieren als die Luft wiegt, die sie

von der Stelle treibt d. i. mehr, wenn die Luft dichter,
weniger, wenn die Luft dünner wird.

Es wird also in der dünnern Luft die Kugel A; in dichterer das Gegengewicht B einen Ausschlag geben, der sich am Kreisbogen a b: welcher an der Wagstange angemacht ist, messen, oder durch zugelegte kleine Gewichte bestimmen läßt.

Setzen wir nun, die Luft, welche das Volumen der Kugel A ausschließt, habe bei Verfertigung des Manometers 704 Gran gewogen, und das Gegengewicht B gebe itzt 6 Gran Ausschlag, so wäre die itzige Dichtigkeit der Luft um $\frac{6}{704}$ grösser als die anfängliche rc.

* Wird die Kugel luftleer gemacht, so erleichtert dieß die Bestimmung der Dichtigkeit der Luft; denn in diesem Falle darf auf das Gewicht der Luft innerhalb der Kugel gar keine Rücksicht genommen werden.

** Vergl. Karsten Lehrbeg. Aerostatik.

# VII.

## Von der Bewegung luftartiger Körper.

### (Pnevmatik.)

166.

Die Lehre von der Bewegung luftartiger Stoffe heißt Pnevmatik, Pneumatica.

* Von der Bewegung luftförmiger Materien, läßt sich ohne höhere Mathematik nicht vieles lehren; indessen lassen sich dennoch sehr nützliche Maschinen, welche die luftartigen Stoffe in Bewegung setzen, angeben und erklären; und damit beschäftigt sich dann die gemeine Pnevmatik. — Erstens ein Gesetz der Bewegung der Luft, alsdann die Beschreibung solcher Maschinen, bei denen sich die Bewegung der Luft äußert, oder die durch die Luft oder durch die ihr ähnlichen Körper bewegt werden.

167.

## Ein Gesetz.

Drückt im Freien eine dichtere, mithin specifisch schwerere Luftmasse auf eine leichtere; so muß sich die leichtere, ungeachtet ihrer gleichen Federkraft, nach oben bewegen;

Denn in diesem Falle müssen 1. die Gesetze der Einsenkungen eintreten (Hydrost.);

Und die Luftzüge bei Schorsteinen, Feuerheerden, Glutpfannen ꝛc. bestätigen sie (Theorie der Luft) durch Erfahrung.

* Auf diesem Gesetze ist gegründet die Einrichtung der Oefen, der Bau der Kamine u. d. gl.; es gründen sich darauf das Geschäft des Athmens, das Einnehmen der Getränke bei gewissen Thieren z. B. Pferden ꝛe. das Tabakrauchen, die Wirkung der Blasebälge — und zum Theil die Winde.

168.

## Maschinen, bei denen sich die Bewegung der Luft äußert.

Solche Maschinen sind a. die Luftpumpe und b. die Windbüchse.

169.

a. Die Luftpumpe, antlia pneumatica

ist eine Maschine, womit man die Luft in einem eingeschlossenen Raume so stark verdünnen kann, daß der Ueberrest kaum mehr merklich ist. — Der kaum merkliche Ueberrest der Luft, wird genommen für luftleer, und heißt das Vacuum; die Verrichtung aber dabei das Ausleeren, Auspumpen der Luft: woher auch die Maschine den Namen hat "Luftpumpe".

Otto von Guericke, Bürgermeister zu Magdeburg, erfand diese Maschine 1650; sie war aber noch etwas unvollkommen, wie alle Werke der Kunst in ihrer Kindheit etwas unvollkommen sind.

Robert Boyle, ein Engländer gab 1659 der Maschine schon eine bequemere Einrichtung und Brauchbarkeit; daher der noch übliche Ausdruck Vacuum boileanum.

1697 brachte Senguerd zu Leiden seine schiefliegende Luftpumpe zu Stand (Fig. 23. Taf. III.); die nebst ihrer Vorzüglichkeit auch den Nutzen hat, daß sie dient als Compres-

sions-

sionsmaschine — die Luft in einen engern Raum zu pressen und zu verdichten.

Hawksbee erfand 1709 eine Luftpumpe mit zwei Stiefeln (doppelte Luftpumpe), wobei ein Stiefel aufsteigt, während daß der andere nie dergeht, um ohne Absatz und Pause, ununterbrochen die Luft zu verdünnen.

Nachher haben Gravesande (1765) Smeaton (1759) Chutberson (1788) u. a. m. Verbesserungen an der Luftpumpe angebracht.

170.

Bei der großen Verschiedenheit der Einrichtungen der Luftpumpen, kommen doch alle in folgenden Stücken, die dann wesentliche sind, überein.

1. Die Luftpumpe besteht aus einem metallenen gegossenen gerade durchborten und von Innen polirten Cilinder oder Stiefel A B (Fig. 23.)

2. Diesem passet genau an ein Stempel m aus Lederscheiben, der mit Leichtigkeit hin-

nun

nun hergezogen werden kann, ohne daß zur Seite Luft eindringet.

3. Am Boden des Stiefels befindet sich ein Ventile oder ein Rohr mit einem Hahn a.

4. Am Ende des Stiefels ist eine Anrichtung für den Recipienten (die Klocke) D, und andere Gefässe, die ausgepumpt ꝛc. werden sollen.

## 171.

Die **Luftpumpen mit Ventilen** taugen nur die Luft so lange zu verdünnen, bis sie nicht mehr vermögend ist das Ventile, das sich innerhalb der Klocke herab öffnet, aufzudrücken. Zur Compression der Luft dienen sie gar nicht. ꝛc.

Die **Luftpumpen mit Hahnen** haben die Unbequemlichkeit, daß zwischen dem Hahn a und dem Boden des Stiefels B o (Fig. 23. Taf. III.) immer ein kleiner Raum voll Luft ist, die mit der äußern einerlei Dichtigkeit hat, und dann beim Zurückziehen des Stempels durch den Stiefel sich verbreitet und die Verdünnung vermindert (spatium noxium). — Hernach drehen sich die Hahnen auch aus ꝛc.

* Von



* Von dem Mechanismus der leichten Beweglichkeit des Stempels her, nennet man die Luftpumpen — mit Handheben, mit Steigbügeln, Kurbeln, Kreuzwinden u. s. w.

** Es werden die Maschinen mit Ventilen und Hahnen auseinander gelegt, die weitere Erklärung mündlich beigefügt, und die Manipulation bei denselben praktisch gelehrt.

*** Vergl. Karsten, Lehrbeg. der gesammten Mathem. Pneumatik.

172.

## b. Die Windbüchse.

Ein Schießgewehr von der Einrichtung, daß die stark verdichtete Luft statt des Schießpulvers die Kugel rc. fortstößt, wird **Windbüchse**, sclopetum pneumaticum genennt.

173.

## Bau dieser Maschine.

Es wird in einem metallenen starken Gefässe (im **Windkessel**, **Windkammer**) die Luft durch eine Compressionsmaschine sehr verdichtet.

Die

Die Windkammer wird an den Lauf angeschraubet, und durch ein Ventile von diesem absondert.

Will man schießen, so wird vermittelst eines leichten Druckes das Ventile geöffnet; da tritt dann so viel Luft heraus, als zur Fortstossung der Kugel ꝛc. erfoderlich ist; sogleich aber schließt sich wieder das Ventile.

* Wenn die Luft 800mal verdichtet ist; die Länge des Laufes 4 Schuhe, der Durchmesser der Kugel $\frac{3}{8}$ Zoll; so wird die Bleikugel mit einer Geschwindigkeit von 654 pariser Schuhe in einer Secunde aus dem Laufe getrieben — und mit Abrechnung des Widerstandes der Luft = 628.

** Die Deutschen haben diese Maschine also verstärkt, daß sie unter dem Namen „Windkanonen" 4 Pfund schwere Kugeln treiben, und auf 400 Schritte ein zwei Zoll dickes Brett durchboren.

*** Vergl. Karsten, Pneumatik.

174.

## Maschinen, welche durch die Luft, oder luftähnliche Stoffe bewegt werden.

Zu diesen zähle ich a. die Windzeiger b. die Windmesser c. die Aerostaten und d. die Dampfmaschinen.

175.

## 175.

### a. Windzeiger und b. Windmesser.

**Windzeiger** sind **Werkzeuge**, welche dienen die Richtung der Winde anzuzeigen; und werden **Anemoskop**, **Plagoskop** genannt.

**Windmesser**, Anemometer, sind Anrichtungen zur Bestimmung der **Stärke** und Ge**schwindigkeit** des Windes.

## 176.

Der Bau dieser Werkzeuge wird verschieden angegeben; aber jeder ist noch unvollkommen. Die Meteorologen, selbst jene der Mannheimer Societät, bedienen sich daher bloß der **Windzeiger**. Ich zeichne (Fig. 24. Taf. III.) eine zusammengesetzte Maschine ab aus einem **Windzeiger** und einem **Windmesser**.

Der Windzeiger A ist lang und vornenzu etwas breit, damit auf die Breite eine merkliche Quantität Luft anstossen, an der Länge desselben nach den Gesetzen der Hebel eine leichte Bewegung hervorbringen, und auf solche Weise die Richtung eines **schwachen** Windes **merklich** machen kann.

Mit

Mit dem Windzeiger dreht sich die Stange und samt dieser die Fläche a b c d, welche vertical herabhängt; beim Winde aber durch dessen Anstoß sich empor hebt, und an den Bogen n m die Stärke und Geschwindigkeit des Windes anzeigt.

* Ueber die Stärke und Geschwindigkeit der Winde stellten Muschenbröck, Mariotte, Karsten ꝛc. Rechnungen an. Die mässigen Winde durchlaufen in einer Secunde 10 — 15 — 20 Schuhe. Bei einer Geschwindigkeit zwischen 40 und 60 Schuhe in der Secunde heißen sie Stürme, procellae, und die noch geschwindern Orkane. — Die Wirkungen der mässigen Winde äußern sich besonders nützlich an den Segeln der Schiffe und an den Flügeln der Windmühlen. Die Wirkungen der Stürme und Orkane sind oft schrecklich ꝛc.

** Vergl. Karsten, Pneumatik.

## 177.

### c. Die Aerostaten.

Eine Maschine, welche die Luft, die uns umgiebt, in die Höhe treibt, heißt Aerostatik, aerostatische Maschine ꝛc. Machina aerostatica.

178.

178.

## Ihre Geschichte.

Schon in den ältesten Zeiten hat man Entwürfe zu Aerostaten gemacht: unter diesen sind vorzüglich jene des **P. de Lanis** und des **P. Galen**. Nach jenem sollte ein Luftschiff mit **luftleeren** kupfernen Kugeln, nach diesem eine aus Leinwand gemachte und mit Wachs bestrichene Maschine, die so groß als die Stadt Avignon, und mit **Luft aus der hohen Wolkengegend** gefüllt wäre, in der Luft empor gehoben werden; so unmöglich die Ausführung solcher Plane war, so beruheten sie dennoch auf Grundsätzen, von denen man später einen bessern Gebrauch gemacht hat.

Nemlich 1782 wurde der Gedanke einen Aerostat zu bauen, ausgeführt von **Stephan** und **Joseph Mongolfier**, Papierfabrikanten in Vivarais. Diese zwei Brüder machten anfangs aus Taffet ein hohles Parallelepipedum von 40 Cubikschuhe Inhalt; und erhitzten es innwendig mit brennendem Papier; und da wurde der Körper aufgeblähet, und an die Zimmerdecke empor gehoben.

Den

Den 5ten Juni 1783 sahen schon eine Menge Zuschauer und unter diesen die Stände von Vivarais eine Maschine von Leinwand, welche 35 Schuhe im Durchmesser hielt, 450 Pfund wog, und noch über 400 Pfund Last an sich hatte, zu einer Höhe von 1000 Toisen in die Luft steigen.

Man erstaunte damals über diese Erscheinung, und der Ruf davon lief durch alle Welt. Dieß trieb den Professor der Physik zu Paris Charles an, durch Hilfe der Mechaniker Robert eine Kugel von überfirnißten Taffet zu verfertigen, und sie mit brennbarer Luft zu füllen. Den 27sten Aug. 1783 stieg diese Kugel, die 12 Schuhe 2 Zoll im Durchmesser hatte, und 27 Pfund wog, in zwei Minuten auf 480 Toisen Höhe.

Am 15ten Oct. 1783 wagte es ein Mensch zum erstenmale auf einer von Montgolfier verfertigten Maschine von der Erde weg 84 Schuhe hoch in die Luft aufzufliegen, und 4 ½ Minuten in dieser Höhe zu verweilen, nemlich Pilatre de Rozier Vorsteher des Musäums zu Paris.

Den

Den 21sten Nov. 1783 machte der nemliche de Rozier in Gesellschaft des Marquis d'Arlandes, die erste Luftreise über einen Theil der Stadt Paris und die Seine.

Bald nachher erweiterten und verlängerten die Luftreise Charles und der eine Robert; sie giengen den 1ten Dec. 1783 in einer Höhe von 250—300 Toisen über zwei Stund lang fort.

Von nun an vermehrten sich die Luftreisen ungemein: die merkwürdigsten davon sind

1. jene unglückliche des Pilatre de Rozier in Gesellschaft des Romáin, da er am 23ten Juni 1784 bei ungünstiger Witterung über den Canal der französischen Küste zu segeln versuchte; aber vom Luftschiffe stürzte, und zerschmettert wurde.

2. jene glückliche des Blanchard am 7ten Jan. 1785 mit dem D. Jefferies über den Canal von Dover nach Calais, die er innerhalb 2 Stunden 32 Minuten vollendete.

3. jene am 19ten Sept. 1784, welche die Brüder Robert angestellt haben, und unter al-

allen bisher bekannten Luftfahrten am längsten dauerte, nemlich 6 Stund 42 Minuten, und von Paris bis Bruvri — 50 Stund weit gieng.

4. endlich jene des Vallet und Alban Directorn der chem. Officin zu Javelle, die den 25ten Aug. 1785 eine Luftreise —

nach vorherbestimmten Richtungen gemacht,

ihr Luftschiff nach Gefallen dirigirt, und am ausgesteckten Orte sich niedergelassen haben.

### 179.

### Grundsatz, worauf diese Erscheinung beruht.

Jeder Körper verliert in der Luft so viel von seinem Gewichte, als die von der Stelle getriebene Luft (165.); wird nun eine Anrichtung gemacht, daß die Luft, welche ein Körper von seinem Raume ausschließt mehr wiegt, als der Körper selbst, so prävalirt der Druck der Luft, und treibt den Körper mit dem Uebermaaße seines Gewichtes empor (Hydrost.).

Nennen wir nun den Raum, den ein Körper einnimmt, in Cubikschuhen ausgedrückt = a; das Gewicht eines Cubikschuhes Luft = b; so ist sein Verlust = a b. Die Materie, welche den Raum einnimmt sei = c; das Gewicht, das daran hängt = p; so ist die Summe der Gewichte, welche die Luft tragen soll = c + p. Ist nun a b grösser als c + p, so wird nicht nur die Maschine von der Luft getragen, sondern mit dem Ueberschuß des a b über c + p in die Höhe getrieben.

180.

Die Hauptsache bei einem Aerostat ist daher

die Erwählung eines schicklichen festen aber hohlen Körpers,

und die Füllung desselben mit einer leichtern aber elastischern Luft, als die atmosphärische ist.

Zum festen Körper dienen Leinwand, Taffet, Goldschlagerhäutchen (von Ochsendärmen abgezogene Häutchen) u. s. w.

Die Füllung bewerkstelligt erhitzte und brennbare Luft; denn die Luft innerhalb des hohlen Körpers wird durch einen brinnenden Körper um ein Drittel ihres gewöhnlicher Volumens ausgedehnt — mithin um so viel dünner und elastischer — die brennbare Luft ist nach Art ihrer Bereitung von 7 bis 12mal leichter, als die gemeine atmosphärische.

* Das **Minimum**, welches sich bei den Aerostaten erreichen läßt, hat **Lichtenberg** (Götting Magaz. 3. Jahrg. 5. Stück) angegeben. Die kleinste Kugel von starkem Papier ist, für brennbare Luft 2 Schuhe Durchmesser; für die durchs Feuer verdünnte Luft 5—7 Schuhe. Die **Manipulation** bei Verfertigung der Luftbalone aus Papier wird praktisch gelehrt, auch werden damit **Versuche** gemacht ꝛc.

** Vom **Nutzen** der Aerostaten hat man sich anfangs hohe Begriffe gemacht. (Meine Rede von dem Werthe der Luftmaschinen. Diling. 1784.). Wäre die **Luftschifferei** (Aeronautik) von **Blanchard** nicht zum gewinnsüchtigen Gewerbe gemacht, sondern von Naturforschern, von gleichem Muthe aber grössern Kenntnissen angestellt worden; so würde die immer sehr merkwürdige Entdeckung gewiß nützlicher geworden sein ꝛc.

181.

## d. Dampfmaschinen.

Eine Maschine, die mittels der Dämpfe des kochenden Wassers in Bewegung gesetzt werden kann, nennen wir eine **Dampfmaschine**, machina ope Vaporum mota.

182.

Das **Wesentliche** einer Dampfmaschine ist 1. daß aus einem Kessel, worinn das Wasser kocht, Dämpfe in einen Cylinder aufsteigen, und den Stempel in ihm, der an einem zweckmässigen Hebelbaum angemacht ist, in die Höhe heben.

2. Nach Erhebung des Stempels spritzt zur Seite **kaltes** Wasser in den Cylinder, dessen Boden in diesem Augenblick durch einen Schieber (Regulator) geschlossen wird.

3. Die Dämpfe verdichten sich durch die Einspritzung des kalten Wassers: es entsteht ein leerer Raum, und der Stempel fällt durch den Druck der äußern Luft wieder auf den Boden des Cylinders (Theorie der Luft).

4.

4. Während dieses Herabsturzes des Stempels erhebt der Hebelbaum mit seinem andern Ende den Stempel einer **Saugpumpe** — und dadurch das Wasser.

I. Die **bewegende Kraft** dieser Maschine ist daher der **Druck der Luft gegen den leeren Raum**, welcher durch die plötzliche Abkühlung des Dampfes im Cylinder entsteht.

183.

**Savery** ein Engländer hat diese überaus sinnreiche Maschine im Anfange dieses Jahrhunderts erfunden, **Potter** verbessert, und 1723 zu Königsberg in Ungarn angelegt, um das Wasser aus den Gruben zu heben. Sie brauchte täglich 3 Klafter Holz, und hob in 25 Röhren 6 Zoll Durchmesser und 4 Klafter Höhe in einer Minute das Wasser 14mal 6 Schuhe hoch. Der Druck der Luft auf den Stempel war 111 Centner.

**James Watt** ein Schottländer, brachte 1764 beträchtliche Verbesserungen zur Ersparniß der Brennmaterialien an dieser Maschine an; mit einen Centner guter Steinkohlen hob seine

Maschine 20—24000 Cubikschuhe Wasser 24 Schuhe hoch.

Farter ein französischer Mechanikus verbesserte die Maschine so, daß er nur den 4ten Theil Dampf brauchte.

Die einfachste Dampfmaschine mag wohl jene sein, die Herrn v. Rempelen zugeschrieben wird. Die Triebfeder dieser Maschine ist ein Rohr (Fig. 25. Taf. III.) das eine verticale Achse hat. Die Enden des Rohrs sind nach entgegensetzten Seiten eingebogen, und enden sich in Spitzen. Wird das Rohr mit Dampf gefüllt, und strömmt dieser mit Heftigkeit durch die Oeffnungen a und b aus; so stößt er an die Luft, und treibt den Cylinder nach dem Gesetze der Reaction zurück ꝛc.

* Vergl. Leupold, theatrum machin. gener.

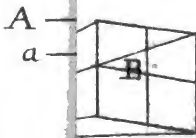
Nach-

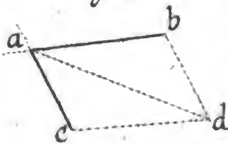
# Nachschrift.

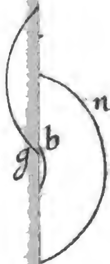
Denen, welche meine Vorlesungen aus der Naturlehre complet wünschen, dient zur Nachricht, daß noch in diesem Jahre die siebente Abhandlung „von der Erde und dem Wasser" herausgegeben werde, worinn das eigentlich Physische vollständig vollkommen wird, was in den übrigen Abhandlungen noch fehlet z. B. von der Gestalt, Grösse, äussern und innern Beschaffenheit der Erdkugel, von den Producten der Erde, von den Naturalien, die sie nähret u. s. w. Vom Magnete ꝛc. Vom Wasser, den Quellen, Flüssen, Seen ꝛc.

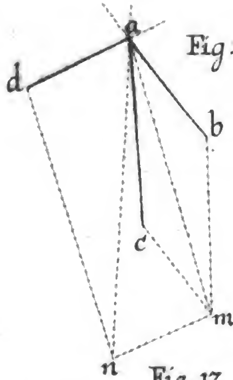


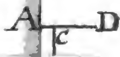
Tafel I.



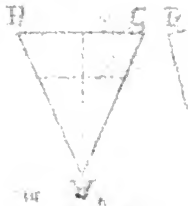



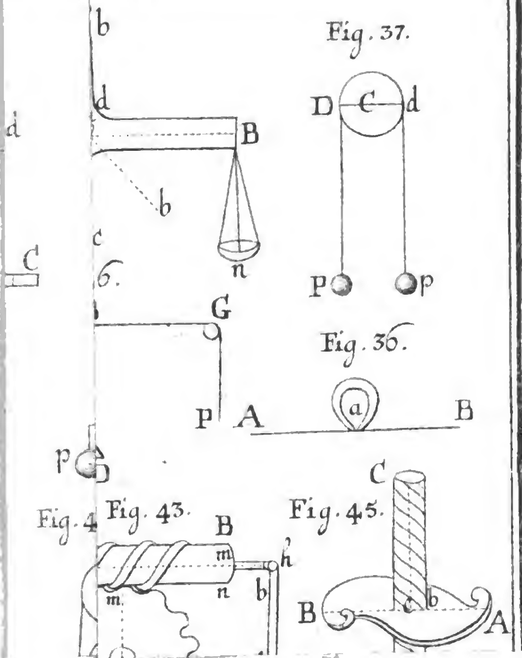



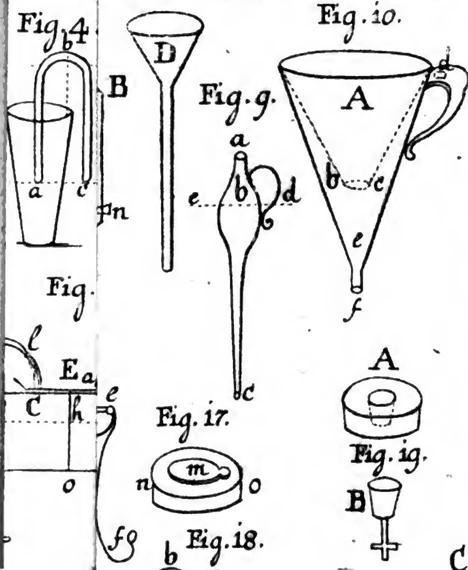






Tafel II.




Fig. 4
b
B
a
c
n
D
Fig. 9.
a
e
b
d
c
Fig. 10.
A
d
b
c
e
f
Fig.
l
E
a
e
C
h
o
f
Fig. 17.
m
n
o
Fig. 18.
b
A
Fig. 19.
B
C

